

Hva skal til for å hevde seg i verdens hardeste triatlon?



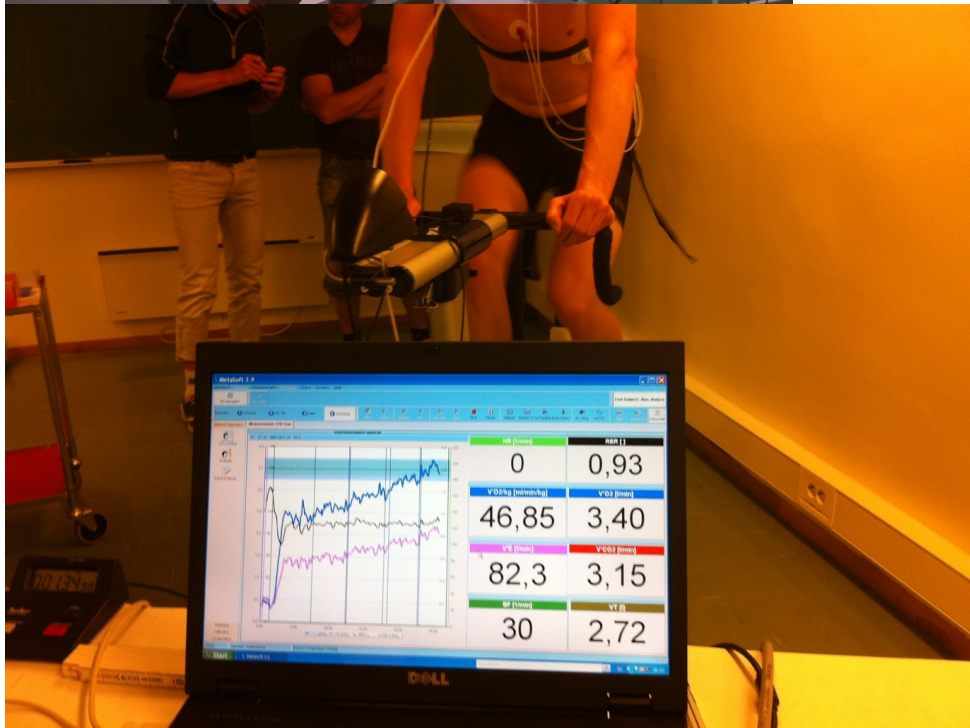
FORORD

Arbeidet med denne prosjektoppgaven har vært en morsom, lærerik og opplevelsesrik prosess. Vi har lært mye om fysiologisk testing, trening, forskning og statistikk. Samtidig har vi fått muligheten til å være tilstede på selve konkurransedagen, Olav som deltaker og Terezia som support.

I arbeidet med prosjektoppgaven har vi vært avhengige av tett oppfølging og veiledning, og vi vil gjerne takke de som har hjulpet oss på veien. Veileder og sirkulasjonsfysiolog dr. Philos. Jonny Hisdal, for uttalige innspill, lærerik veiledning og tålmodighet. Takk for at du har stilt opp for oss i forbindelse med prosjektoppgaven. Ditt humør og pågangsmot er inspirerende! Takk til John Magne Kalhovde (Helsehøyskolen) og Terje Gjødvaag (HiOA), for god veiledning i å gjennomføre de fysiologiske testene. Takk til våre deltakere. Uten dere hadde det ikke vært mulig å gjennomføre prosjektet.

Olav Johannes Hovland, Terezia Lind Hagen

Oslo, februar 2015



Bilder fra testingen ved HiOA.

Øverste bildet viser oppsett for sykkeltesting, og det nederste viser registreringen av fysiologiske parametre.

ABSTRACT

Background: For many decades researchers have studied physiological characteristics of endurance athletes, such as runners, cyclists, cross country skiers and triathletes. Maximal oxygen uptake (VO_{2max}) is often described as the upper limit of endurance capacity. However, in hilly long distance triathlon, such as AXtri and NXtri, other test results may be much better predictors of race performance in the cycling event.

Purpose: To examine the physiological determinants in two of the world's most extreme triathlon competitions.

Methods: 16 (sixteen) athletes (13 boys, 3 girls) who had all been given a slot in the two triathlon races Aurlandfjellet Extreme Triathlon and Norseman Extreme Triathlon, were tested focusing on power output at lactate threshold, maximal oxygen consumption/uptake and peak power output. We compared the physiological test results with the athletes' performance during the cycling in the two long distance triathlons.

Results: We found that the athletes, who performed at the highest level during the cycling event in the competitions, also had the best values considering power output at lactate threshold (LT) and peak power output (PPO). The single variable that correlated best with cycling performance was power output at LT ($r = 0.83$, $p = 0.0001$) and peak power output ($r = 0.78$, $p = 0.0007$). Maximal oxygen uptake (VO_{2max}) did not correlate significantly with cycling performance ($r = 0.47$, $p = 0.07$).

Conclusion: The results of this study demonstrate that the power output at LT and peak power output is important for performance during the cycling event in long distance triathlon.

Key words: Triathlon, long distance triathlon, Norseman Extreme Triathlon, Aurlandsfjellet Extreme Triathlon, power output, peak power output, lactate threshold, anaerobic threshold, maximum oxygen uptake, training.

Innhold

1. Innledning	7
1.1 Anaerob terskel.....	8
1.2 Maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks})	9
1.3 Utnyttelsesgrad.....	11
1.4 Arbeidsøkonomi	11
1.5 Respiration exchange ratio	11
1.6 Maksimal wattbelastning.....	12
1.7 Presentasjon av hypotese	12
2. Metode	14
2.1 Forsøkspersoner og inklusjonskriterier	14
2.2 Protokoll.....	14
2.3 Tester	15
2.3.1 Variabler målt under sykkeltest	15
2.3.2 Testing av anaerob terskel	16
2.3.3 Testing av VO_{2maks} og maksimal wattbelastning	16
2.3.4 Arbeidsøkonomi	16
2.5 Bearbeidelse av data	17
2.6 Statistikk.....	17
2.6.1 Korrelasjonsanalyse	17
2.6.2 Non-parametrisk test	17
2.6.3 ROC (receiver operating characteristic) – Curves Analysis.....	17
2.7 Begrensninger for denne oppgaven.....	18
3. Resultater	19
3.1 Demografiske data for gruppe 1 og 2	19
3.2 Borg skala	19
3.3 Resultater fra de fysiske testene for gruppe 1 og 2	20
3.4 Anaerob terskel (AT)	21
3.5 Maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks})	22
3.6 Maksimal wattbelastning.....	24
3.7 Maksimal hjertefrekvens (HF_{peak} – slag/min)	26
3.8 ROC – analyse.....	27

4. Diskusjon	28
4.1 Hovedfunn	28
4.2 Anaerob terskel (AT)	28
4.3 Maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks})	29
4.4 Maksimal wattbelastning.....	30
4.5 Maksimal hjertefrekvens (slag min – HF_{peak})	31
6. Kilder	32
7. Vedlegg	35

1. Innledning

Triatlon er en voksende sport, både i det store utland og her hjemme i Norge. I dag har vi flere krevende konkurranser her i Norge. Lengre, hardere, våtere og brattere er blitt mer ettertraktet enn noen gang. Som den ultimate utfordringen, står for svært mange Norseman Xtreme Triathlon (NXtri). Sammen med Swissman i Sveits og Celtman i Skottland, omtales disse gjerne som verdens hardeste triatlon-konkurranser. Her i Norge har vi også Aurlandsfjellet Xtreme Triathlon (AXtri). Ikke like lang, men med en ekstrem løypeprofil, som gjør at også denne konkurransen hører hjemme blant de aller tøffeste triatlon-konkurransene.

Selv om disse konkurransene skaper interesse både hos topptriente utøvere og mosjonister, er det ingen tvil om at det stilles ekstreme fysiske krav til utøverne som kjemper i toppen. Nøyaktig hva som er de viktigste egenskapene, er likevel ikke alltid så lett å forutsi i denne typen konkurranser, hvor tre forskjellige idretter skal kombineres, samtidig som at konkurransetiden er ekstremt lang.

Det har tidligere vært gjort en rekke studier der man har sett på faktorer som er viktig for å prestere i utholdenhetsidrett. Blant disse faktorene, er maksimalt oksygenopptak, utnyttelsesgrad av det maksimale oksygenopptaket, anaerob terskel og arbeidsøkonomi sentrale faktorer (1, 7). Når det er sagt, er det ingen tvil om det blir vanskeligere å forutsi resultatet i en konkurranse, når konkurransesiden overskrider et visst antall timer (f eks > 4 timer) (1). Denne typen konkurranser omtales gjerne som «ultra-utholdenhetskonkurranser». Andre faktorer som med sikkerhet også spiller inn når konkurransetiden blir lang, er opptak av næring og væske, samt evnen til å disponere kreftene riktig under konkurransen (1) Vi må heller ikke glemme aerodynamikk, som sies å være "den femte grenen". Det vil uansett være en faktor som betyr mer i en flatere løype enn det vi ser i nevnte triatlonkonkurranser.

NXtri består av 3,8 km svømming, 180 km sykling og 42 km løping. AXtri er temmelig nøyaktig halve distansen; 1,9 km svømming, 98 km sykling og 17 km løping. Det som skiller disse konkurransene fra mange andre konkurranser, er det ekstreme antall høydemeter som skal forseres. Det er snakk om ca. 5000 i NXtri og ca. 4000 i AXtri. Som utgangspunkt for denne prosjektoppgaven, ønsket vi å se nærmere på hvilke fysiske egenskaper som er viktig for å prestere i nettopp denne typen konkurranser. Spesielt ønsket vi å se på hvordan anaerob terskel (AT), relative watt (watt/kg) ved AT og VO_{2maks} påvirker prestasjonsevnen. I dette prosjektet har vi på forhånd av konkurransene testet et

utvalg utøvere som vi forventet ville hevde seg i toppen, for deretter å sammenlikne dette med faktisk prestasjon i sykkeldelen av konkurransen.

1.1 Anaerob terskel

Anaerob terskel (AT) kan defineres som "den høyeste intensiteten ved dynamisk arbeid med store muskelgrupper der produksjon og eliminasjon av laktat er like stor" (2). På AT vil konsentrasjonen av laktat, $[La^-]$, i blodet holdes konstant, mens ved intensitet over AT vil laktat gradvis akkumulere. Det er individuelle variasjoner i denne metabolismen (3). AT i praksis representerer et smalt intensitetsområde, og det er en flytende overgang opp til og over terskel (4).

Energiomsetning uten oksygen (anaerob) tiltrer i det intensiteten overstiger ett gitt nivå. Det vil da dannes energi, i form av ATP og varme, og melkesyre fra glukose eller glykogenlagre (4). Melkesyre er sluttproduktet, og vil frigis fra cellene i form av La^- og H^+ . Noe vil gjenopptas av muskelfibre og organer, mens en liten andel vil via anaerob energiomsetning brukes inne i den lokale muskelcellens mitokondrier. Ved økende arbeidsbelastning er det en tilnærmet lineær økning i energikrav, og dermed økt produksjon av La^- . Ved intensiteter over AT vil La^- gradvis akkumuleres, og ved intensitet under AT vil all La^- som elimineres fra blodet oksideres. (2)

I dag eksisterer det flere tester for å bestemme intensiteten ved trening som er assosiert med AT; maximal lactate steady state (MLSS), lactate minimum test, lactate threshold, OBLA – onset of blood lactate accumulation - , individual anaerobic threshold og ventilatory threshold (2)

Evnen til å trene på en høy andel av VO_{2maks} påvirkes i stor grad av utøverens laktatprofil, og den anaerobe terskelen er vist å forbedres ved triatlon-trening. (5) Det er vist at AT ved løping hos triatleter er lavere enn AT hos løpere, (6) og at utholdenhetstrening bedrer den enzymatiske aktiviteten i mitokondriene slik at disse utøverne blir bedre på å forbrenne fett og dermed redusere produksjonen av La^- (7).

Det er blitt satt større fokus på AT som ett godt mål på suksess i utholdenhetsidretter fremfor VO_{2maks} , og studier viser at det er svakere sammenheng mellom VO_{2maks} og prestasjon enn tidligere antatt (8). Det at utøveren kjenner sin AT brukes også som ett verktøy for å planlegge treningsintensitet, og grovt sett vil trening like under/på terskel karakteriseres som moderat (2).

"Onset of blood lactate accumulation" 4 mmol·l⁻¹. (OBLA) er den mest benyttede indirekte testen. AT beregnes da utifra en $[La^-]$ i blodet på 4mmol/l (9). Denne metoden brukte vi, men det finnes en rekke forskjellige metoder for estimering av AT (2). Ofte beregnes AT ut ifra testing utført i

bevegelsesformen(e) som er relevant for utøveren. I vårt tilfelle vil en beregning på sykkel være relevant, ettersom det er den mest tidkrevende etappen i den tredelte konkurransen.

Vi ønsker å definere en laktatprofil for hver enkelt utøver, da det vil gi oss den gitte utøvers terskelwatt. For å beregne AT er det nødvendig å måle laktat under gjentatte, kontinuerlige belastninger med en varighet på minst 20 minutter og økende ytre intensitet – i vårt tilfelle watt. (4).

1.2 Maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks})

Dagens forståelse av VO_{2maks} , begynte med studier utført av Hill et al. i 1923-1924 (15). Det maksimale oksygenopptaket (VO_{2maks}) hos et menneske er definert som det kardiorespiratoriske systemets evne til å transportere oksygen til den arbeidende muskulaturen (7). Fick's ligning beskriver de overordnede faktorene som bestemmer VO_{2maks} . Den er gitt ved $VO_{2maks} = MV_{maks} \times (a-v)O_2$ -differanse_{maks} (4,16). Altså minuttvolumet multiplisert med den arterio-venøse oksygendifferansen ved maksimal belastning. VO_{2maks} kan oppnås ved aktivitet som fører til utmattelse etter 4-6 minutter (4). Utøveren vil da nå en platåfase i sin VO_2 og en ytterligere økning i fart/belastning, vil ikke gi økt VO_2 (17).

De faktorene som er med på å begrense det maksimale oksygenopptaket, kan deles inn i sentrale og perifere. De sentrale omfatter 1) lungenes diffusjonskapasitet og volum; 2) hjertets MV og 3) blodets evne til å transportere oksygen. Den perifere faktoren innebærer musklens evne til å ta opp oksygen (7, 4). At lungene er en begrensende faktor, er vist ved at VO_{2maks} reduseres hos en utøver når oksygeninnholdet i luften reduseres ved økende høyde over havet (18). Den viktigste begrensningen av VO_{2maks} , er likevel hjertets minuttvolum. Det er estimert at 75-80 % av begrensningen i VO_{2maks} utgjøres av en utøvers MV. Hos godt trente utøvere, kan MV for eksempel utgjøre 40 L/min, mot 25 L/min hos normalbefolkningen (7). Det er også vist at pasienter som bruker betablokkere, vil få en reduksjon i sin VO_{2maks} , som følge av redusert MV (18). Kroppens evne til å transportere oksygen, er den tredje begrensende sentrale faktor for VO_{2maks} . Ved for eksempel bloddoping, vil mengden hemoglobin i blodet øke og dette vil kunne bidra til en økning i VO_{2maks} på 4-9 % (19).

Den perifere faktoren, utgjøres av skjelettmuskelcellenes evne til å ta opp oksygen. Dette avhenger igjen av distribusjon av blod til den arbeidende muskulaturen, kapillærtetthet, muskelfibertype og antall og størrelse på mitokondriene (4). Når en muskel blir perfundert under trening, har den ekstremt stor kapasitet til å lagre oksygen. Dette er derfor i mindre grad en begrensende faktor for VO_{2maks} . Denne faktoren er nok langt viktigere for å kunne forbedre den submaksimale

utholdenheten (7). Dette har å gjøre med den metabolske endringen som skjer i skjelettmuskulaturens mitokondrier (7). Denne metabolske endringen, dreier seg både om et økt antall mitokondrier og om økt enzymaktivitet i mitokondriene. Hos en utøver med god aerob utholdenhet, vil dermed forbrenningen (oksidasjonen) av fettsyrer øke og akkumulering av laktat reduseres. Laktatproduksjonen vil reduseres fordi mindre av musklenes glykogenlagre og blodglukose forbrukes ved aerob trening, mens oksidasjonen av fettsyrer altså øker (7). I tillegg til dette, vil tettheten av kapillærer som perfunderer skjelettmuskulaturen, øke ved utholdenhetstrening og dermed ytterligere øke oksygentilbudet (20).

VO_{2maks} kan uttrykkes på forskjellige måter. Enten som absolutt verdi; l/min, eller ml/kg/min. I vektbærende idretter som løping og sykling, er ml/kg/min en nyttig benevnelse for å kunne sammenlikne utøvere med ulik vekt (3,4). Det har likevel vist seg at det er bedre korrelasjon mellom prestasjon og VO_{2maks} dersom vekten opphøyes med en gitt faktor. Denne faktoren kan for eksempel være $kg^{0,75}$, eller $kg^{0,67}$ og bør bestemmes for hver idrett (3,4). På denne måten vil verdien som oppnås være mindre avhengig av vekt.

Innenfor en heterogen gruppe utøvere, har det vist seg at det er god korrelasjon mellom VO_{2maks} og prestasjon, mens denne korrelasjonen er langt svakere i en homogen gruppe, godt trente utholdenhetsutøvere (5, 21). Høy VO_{2maks} er altså nødvendig for å prestere i utholdenhetsidrett, men ingen garanti for suksess (4, 21).

Testing av VO_{2maks} bør skje idrettsspesifikt. Triatlon består av tre svært ulike idretter og en utøver vil oppnå ulike verdier i VO_{2maks} i hver av de tre grenene (1). Spesifikk trening er viktig for å oppnå god aerob kapasitet og toppidrettsutøvere fra ulike utholdenhetsidretter vil som regel skåre best i sin spesifikke idrett (3). Triatleter på toppnivå har generelt relativt høye VO_{2maks} -verdier, men ligger noe under utøvere spesialisert på hver av de tre idrettene (1, 5).

Maksimalt oksygenopptak testes som regel med en indirekte metode der man registrerer det prosentvise innholdet av O_2 og CO_2 i ekspirasjonsluften, samt ventilasjonen. Testingen forgår under arbeid, der belastningen økes gradvis helt til man ikke lenger får en økning i VO_2 ved ytterligere økt belastning (4).

Det er flere kriterier som har blitt brukt for å estimere VO_{2maks} hos en person (12). Det såkalte primærkriteriet innebærer at VO_2 skal nå en platåfase, der ytterligere økt belastning ikke gir en økning i VO_2 . Sekundærkriterier innebærer 1) at det måles høye laktat-verdier i blodet i etterkant av testen; 2) økning i RER-verdi og 3) at man har oppnådd en viss prosent av estimert makspuls (12).

1.3 Utnyttelsesgrad

God aerob kapasitet, avhenger ikke bare av høy VO_{2maks} , men også evnen til å ligge på en stor andel av sin VO_{2maks} over en lengre periode (3, 4). Utnyttelsesgraden vil si hvor stor prosentdel av VO_{2maks} en utøver kan ligge på under konkurranse. Dette er en annen viktig faktor for å vurdere en utøvers prestasjonsnivå (3, 13). Utnyttelsesgraden vil gradvis reduseres etter hvert som konkurransetiden øker (3, 11, 14)). En godt trent utøver, vil for eksempel kunne ligge på 95 % av VO_{2maks} i 30 minutter og 80 % i 120 minutter (3, 14). Det har vist seg at godt trente utøvere kan ligge på en høyere andel av VO_{2maks} , og over en lengre periode, enn det middels godt trente utøvere klarer. En studie av maratonløpere, gjort av R. J. Maughan og J. B. Leiper i 1983, viste at de beste utøverne både hadde høyere VO_{2maks} og utnyttelsesgrad sammenliknet med de som løp saktere (13). Utnyttelsesgrad vil bedres med spesifikk trening og for mange voksne utøvere med fremgang i prestasjon fra år til år, vil det være utnyttelsesgraden, og ikke VO_{2maks} , som har blitt bedre (7).

Mange av de samme faktorene som bestemmer VO_{2maks} , bestemmer også utnyttelsesgraden. De perifere faktorene, som ble beskrevet i avsnittet om VO_{2maks} , utgjør en viktigere del. I tillegg er konkurransetid, ernæring før og under konkurranse, samt mentale faktorer med på å bestemme utnyttelsesgraden (3).

1.4 Arbeidsøkonomi

En utøvers arbeidsøkonomi utgjøres av teknikk, samt ytre forhold (vær og vind) og utstyr (4). Teknikk utgjøres av arbeidssyklus og frekvens. Arbeidsøkonomi er definert som oksygenforbruket (VO_2) hos en utøver på en gitt fart/belastning (5). Arbeidsøkonomi har vist seg å være årsaken til ulik prestasjon hos utøvere med samme VO_{2maks} , både i svømming, sykling og løping. I triatlon, har målinger av VO_2 ved bestemt submaksimal belastning i alle tre grener, vist seg å være en god indikasjon for prestasjon og resultat (5,22). I langdistansetriatlon er det viktig å ta med i betraktningen at faktorer som termoregulering, hemodynamiske og kardiovaskulære endringer, også kan være med på å påvirke arbeidsøkonomien (5). I likhet med utnyttelsesgrad, vil også arbeidsøkonomi forbedres ved spesifikk trening (4, 5).

1.5 Respiration exchange ratio

RER (respiration exchange ratio) blir bestemt ved å måle hvor mye oksygen som inhaleres og hvor mye karbondioksid som ekshaleres under ventilasjonen. Man gjør dette ved å sammenlikne med romluft. Normalt skal mengden oksygenmolekyler som pustes inn, være høyere enn mengden karbondioksid som pustes ut og RER er normalt ca 0,8 i hvile. Det vil altså si at mengden oksygen som

pustes inn, er større enn mengden CO_2 som pustes ut. Ved krevende fysisk arbeid, kan RER overstige 1 og verdier $\geq 1,15$ kan være en indikator på når $\text{VO}_{2\text{maks}}$ er nådd (12). Årsaken til denne stigningen i RER, er en følge av at både økende laktat-verdier og økende CO_2 i blodet (12).

RER-verdien kan brukes til å estimere RQ (respiratory quotient). RQ kan ikke måles direkte, fordi den angir mengde O_2 som forbrukes og mengde CO_2 som dannes på cellulært nivå. For praktisk formål er det derfor langt enklere å bruke RER, siden denne verdien måles via respirasjonen. RER og RQ kan fortelle oss noe om hvilke næringsstoffer kroppen bruker som energisubstrat. En RER-verdi på 0,7 indikerer at det tilnærmet bare er fett som forbrennes, RER-verdi på 0,85 indikerer at det er en kombinasjon og fett og karbohydrater som forbrennes og når RER har oversteget 1 er det hovedsakelig karbohydrater som forbrennes.

1.6 Maksimal wattbelastning

Maksimal wattbelastning (Peak power output) har i det senere blitt en populær metode som markør for prestasjonsevne i utholdenhetsidretter. På sykkel blir makswatt bestemt ved å måle kraften som blir produsert under en progressiv utmattelsestest. Flere studier har indikert betydningen av stor maksimal muskelkraft og prestasjonsevne i utholdenhetsidretter (24,28). Dette gjelder både i svømming, sykling og løping. På sykkel er det vist både blant spesialister og triatleter at det er en sterk korrelasjon mellom maksimal wattbelastning og prestasjonsevne (24,26,27). Blant triatleter viser en studie gjort av Millet et al fra 2003, at korrelasjonen er enda sterkere blant langdistansetriatleter sammenliknet med kortdistanse-triatleter.

Den maksimale wattbelastningen kan enten oppgis som absolutt verdi (watt), eller relativ verdi (watt/kg). Som for $\text{VO}_{2\text{maks}}$, kan man også for maks watt velge å opphøye vekten i en gitt faktor, for å tilegne kroppsvekten større eller mindre betydning (26).

1.7 Presentasjon av hypotese

I vårt prosjekt har vi primært fokusert på å teste utøvernes fysiske forutsetninger på sykkel. Dette har vi gjort ved å teste AT, $\text{VO}_{2\text{maks}}$ og makswatt på ergometersykkel. Årsaken til at vi primært har fokusert på sykkeldelen, er at dette er den delen av en Ironman-konkurranse som er mest tidkrevende, samt at det har vært nødvendig å begrense denne oppgavens omfang. På grunn av løypeprofilen, utgjør syklingen en ekstra stor andel av konkurransetiden i NXtri og AXtri. En rekke

andre faktorer er også med på å bestemme resultatet av sykkeletappen i langdistansetriatlon (1). Aerodynamikk på sykkelen, ernæring før og under konkurransen, disponering av kreftene, samt mentale faktorer, kan for eksempel nevnes. Vår oppgave omfatter ikke alle disse temaene.

Tiden på sykkelen og antall høydemeter som forseres i NXtri og AXtri, legger grunnlag for vår hypotese. Vi ønsket å teste om anaerob terskel (AT) og relativ watt på AT er mer utslagsgivende enn VO_{2maks} for å prestere i NXtri og AXtri. Vi har også vært interessert i å se på hvor mye watt utøverne trækker på maksimal belastning og per kilo kroppsvekt (watt/kg) ved maksimal belastning, da vi tror at en høy verdi på dette området er gunstig i disse kuperte konkurransene.

2. Metode

2.1 Forsøkspersoner og inklusjonskriterier

Forsøkene ble gjennomført i juni, 2013. Forsøkspersonene ble rekruttert blant deltakere som hadde fått plass i enten NXtri og AXtri i sesongen 2013. Totalt ble 16 forsøkspersoner (FP) inkludert, hvorav 3 kvinner. Av disse fullførte 15 sykkeletappen i enten AXtri eller NXtri. Disse ble rekruttert på forespørsel via mail (vedlegg 2). De rekrutterte utøverne er i hovedsak utøvere vi forventet ville prestere bra i konkurransene. De er valgt via selvseleksjon. Etter at konkurransene var gjennomført, fordelte vi FP i to grupper; gruppe 1 er deltakere som ble topp 10 i konkurransen og gruppe 2 ble lavere enn topp 10. Demografiske data for forsøkspersonene er vist i tabell 1.

2.2 Protokoll

Forsøkene ble gjennomført på Høyskolen i Oslo (HiO) og Helsehøyskolen etter en standardisert prosedyre som vist under:

- Deltakere inn på lab
- Av- og påkledning til kun sykkelbukse/tri-drakt
- Underskrift på egenerklæringsskjema (vedlegg)
- Vask av håndflater og fotsåler med InBody tissue
- InBody-analyse
- Påsetting av pulsbelte
- Individuell justering av sykkel
- BT-måling på sykkel før oppstart
- Borg skala
- Oppvarming 5min
- Start av laktatmåling
- Munnstykke ble satt inn 30 sek før hver laktatmåling, for å unngå slim i turbinen
- I mellomtiden fikk deltakerne tilbud om vann fra flaske med sugerør
- Økt belastning hvert 5. minutt
- Belastningen økte med FP's vekt x 0,35 watt per drag
- Oppnådd terskel

- Borg skala, ved AT og ved maksimal belastning
- Utøverne ble etter bestemmelse av AT sluppet ned på en lett belastning
- Start makswatt-test (deltakerne startet testen på ca 100-150 watt under terskel)
- Økning av watt inntil den siste belastningen deltakeren klarte å holde i 1 min
- Laktatmåling + Borg skala like etter avsluttet makswatt-test
- Deretter overgang til løp, med noe tid brukt på skifting og overflytting av utstyr
- Registrerer de siste 5 minuttene av submaksimal løping på mølle (total løpstid; 10min)
- Borg skala

2.3 Tester

2.3.1 Variabler målt under sykkeltest

Følgende data ble målt under den fysiske testen:

- Oksygenopptak (VO_2)
- Laktatkonsentrasjon i blod [La^-]bl
- Hjerterefrekvens (HF)
- Tid (mm:ss)
- Belastning (watt)
- Intensitetsskala (Borgs skala):
 - subjektiv skala som går på selvopplevd anstrengelse, 6-20, der 6 er uanstrengt og 20 er maksimalt anstrengende (REF Borg, 1969)
 - Forventes å ligge rundt 14-15-16 på AT
- Kroppsanalyse: utført vha InBody 720
- Blodtrykk: Vi brukte en elektronisk blodtryksmåler, TensioPlus OSZ5. Deltakerne satt rolig på sykkelen ett par minutter før oppstart og vi målte så blodtrykket x 1.
- HF: beregnet ved hjelp av pulsklokke (polarbelte T34), med trådløs overføring til Metamax 3B.
- HF_{peak} : Verdien vi bruker er maksimal hjerterefrekvens målt under testingen av maksimalt oksygenopptak på sykkel.

2.3.2 Testing av anaerob terskel

Testing av AT ble utført på testsykel (Lode Excalibur Sport, Nederland). Deltakerne ble bedt om sykle med en tråkkfrekvens på 90 tråkk i minuttet (RPM=90). De varmet opp i 5 minutter. Deretter økte wattmotstanden hvert 5 min, økningen ble bestemt utifra FP vekt $\times 0,35$. Det ble gjort laktatmålinger like før hver økning. Man tok et stikk i en fingertupp til FP, samlet blod i en vakuette og analyserte blodet med Arkray Lactate Pro (Arkray, Kyoto, Japan). Verdiene brukte vi oppimot wattbelastningen og samtidig registrering av puls for å finne anaerob terskel. Alle verdiene ble kontinuerlig lagret i Metasoft 3.9. Vi bearbeidet rå-data i Excell, og gjorde en prognostisk vurdering for å finne terskelwatten til hver enkelt FP. Utgangspunktet for bestemmelsen av watt ved anaerob terskel er, som beskrevet i teorien, OBLA, med en $[La^-]$ i blodet på 4 mmol/L.

2.3.3 Testing av VO_{2maks} og maksimal wattbelastning

Testing av VO_{2maks} ble utført på testsykel (Lode Excalibur Sport, Nederland). Deltakerne ble bedt om sykle med en tråkkfrekvens på 90 tråkk i minuttet (RPM=90). Selve VO_2 -målingen ble gjort med analysator (MOXUS metabolic system, AEI Technologies, USA). Det ble brukt pustemaske av typen Hans Rudolph 7430 V2 facemask (Hans Rudolph Inc., Shawnee, USA) og munnstykke av typen Cortex Triple V Volume transducer (Cortex Biophysik). Puls ble målt med Polar pulsklokke og T34 pulselte. Forsøkspersonene var ferdig oppvarmet etter AT-test. De startet så på en watt-belastning noe under watt målt ved AT og økte deretter belastningen med henholdsvis 25 watt for menn og 20 watt for kvinner, hvert halve minutt, inntil den siste belastningen der forsøkspersonen klarte å fullføre et helt minutt. Gjennomsnittsmålingen av VO_2 målt det siste minuttet, ble registrert som VO_{2maks} og watt-verdien ble registrert som makswatt. Etter at testen var fullført, ble det målt laktat og deltakeren ble bedt om å angi Borg-verdi.

2.3.4 Arbeidsøkonomi

Etter VO_{2maks} -testen gikk forsøkspersonene over på tredemølle (PPS Med, Woodway, USA). Her ble hastigheten gradvis økt fra 0- 10km/t det første minuttet, deretter fra 10-12km/t det neste minuttet, før 12 km/t ble holdt i fem minutter. Etter at testen var fullført, ble det målt laktat og deltakeren ble bedt om å angi Borg-verdi. For å begrense omfanget av dette prosjektet er ikke disse resultatene presentert eller diskutert videre i denne oppgaven.

2.5 Bearbeidelse av data

De fleste dataene ble analysert i programmet Metasoft 3.9, bortsett fra watt-målinger som ble lest av manuelt. Dataene ble videre overført til Excel.

For å gjøre tidene på sykkeldelen av de to konkurransene sammenliknbare, fant vi forholdet mellom den beste sykkeltiden blant deltakerne i NXtri og AXtri. Dette utgjorde en faktor på 1,95, som vi multipliserte sykkeltiden i AXtri med, for å kunne sammenligne med sykkeltiden i NXtri.

2.6 Statistikk

Resultatene er analysert i Excel. Figurene, korrelasjonsanalysene, non-parametriske tester og ROC-kurvene er laget og analysert i SigmaPlot 12.5 (Systat Software, Chicago, IL).

2.6.1 Korrelasjonsanalyse

Vi ønsket å se på sammenhengen mellom kontinuerlige variabler vi fant hos våre FP, og gjorde da en korrelasjonsanalyse. En korrelasjon er et kvantitativt mål på en lineær sammenheng mellom to kvantitative variable. Vi brukte *Pearsons produkt-moment korrelasjonskoeffisient*. Det er den mest kjente indikatoren på korrelasjon. Den måler samvariasjonen mellom to variabler ved å dele variablenes kovarians på produktet av variablenes respektive standardavvik. En sterk korrelasjon tyder på en god styrke i den lineære avhengigheten mellom to variabler. Korrelasjonen kommer til uttrykk i verdien r og r^2 . Verdiene har en range fra $r=-1$ til $r=1$. En perfekt korrelasjon, $r=1$ eller $r=-1$, svarer til alle punkter på en rett linje. Realistisk sett vil en god verdi ligge tett opptil -1 eller 1 , og betyr at det er en sterk korrelasjon mellom variablene.

2.6.2 Non-parametrisk test

Ettersom vi har en relativt liten populasjon ($N=15$) vil det ikke være hensiktsmessig å bruke T-test (parametrisk test) på våre data. Vi valgte dermed å presentere dataene som median-verdier med interquartil range (IQR), som vil fortelle oss hvor mesteparten av dataene i et sett befinner seg ("Mann-Whitney Rank Sum Test"). En P-verdi $\leq 0,05$ innebærer en signifikant sammenheng.

3.6.3 ROC (receiver operating characteristic) – Curves Analysis

ROC – kurver er en analysemetode som brukes innenfor medisinen til å bestemme en cut-off-verdi for en klinisk test, risikoen for utvikling av sykdom og lignende. Analysen kan blant annet brukes til å se hvor cut-off går for høyt blodtrykk og økt risiko for hjerneslag. Kurven består av en to akser; y-

aksen som viser sensitivitet og x-aksen som viser spesifisitet. Arealet under kurven (area under the curve) sier noe om hvor nøyaktig testen er. En verdi som nærmer seg 1.0 vil bety at testen er svært nøyaktig, eller at det er en stor sannsynlighet for at man med et gitt blodtrykk har økt risiko for hjerneslag. For å kunne bruke denne metoden på våre data valgte vi å dele gruppen i to, hvor gruppe 1 består av deltakere blant de ti beste, og gruppe 2 av deltakerne som ikke ble blant topp ti. Deretter analyserte vi forskjellige variabler for å se hva som er med å bestemme om man blir blant de ti beste. Vi tok for oss følgende variabler, watt/kg ved anaerob terskel, maksimal watt, relativ maksimal watt, VO_2 maks og HF_{peak} .

2.7 Begrensninger for denne oppgaven

For at denne prosjektoppgaven på medisinstudiet ved UiO ikke skulle bli for omfattende, har vi valgt å fokusere på de testene vi gjennomførte på sykkel. Resultatene fra disse testene er hovedsakelig sett opp mot forsøkspersonenes prestasjon på sykkeldelen i konkurransene AXtri og NXtri. Dette innebærer at vi har gjort en del tester som vi i denne omgang ikke har analysert og presentert. De gjennomførte testene som ikke presenteres nærmere i dette prosjektet, er: blodtrykk (BT), In Body kroppsanalyse og løpstest på tredemølle med beregning av arbeidsøkonomi og RER-verdi. Vi har likevel valgt å la teori- og metodekapitlene for disse testene stå, da det ikke er utenkelig at vi ønsker å bearbeide disse dataene nærmere på et senere tidspunkt.

3. Resultater

3.1 Demografiske data for gruppe 1 og 2

Tabell 1 viser at det ikke er signifikante forskjeller i demografiske data mellom gruppe 1 og gruppe 2 (tabell 1).

Tabell 1. Viser demografiske data med medianverdi, 25 %- og 75 %-percentilen for de to gruppene. Gruppe 1 består av forsøkspersoner blant de ti beste, gruppe 2 består av de som ikke ble topp ti. Vi finner at gruppene er relativt homogene, og det er ingen signifikant forskjell mellom dem når det gjelder alder, høyde, vekt og BMI.

	Gruppe 1 (n=6)			Gruppe 2 (n=9)		
	Median	25% percentil	75% percentil	Median	25% percentil	75% percentil
Alder (år)	25	23	29	26	23,2	41
Høyde (m)	1,86	1,80	1,89	1,79	1,72	1,84
Vekt (kg)	76	71	80	70,5	57,5	75,1
BMI (kg/m²)	22,4	20,6	23,5	21,8	20,2	22,3

3.2 Borg skala

Tabell 2 viser forsøkspersonenes subjektive opplevelse av intensitet, angitt ved Borg skala, under testing av henholdsvis anaerob terskel og maksimal wattbelastning.

Tabell 2. Viser forsøkspersonenes (n=16) oppgitte verdi av Borg Skala, ved måling av anaerob terskel og ved maksimal wattbelastning.

	Median	25% percentil	75% percentil
Anaerob terskel	15	14	15
Maksimal wattbelastning	20	18	20

3.3 Resultater fra de fysiske testene for gruppe 1 og 2

Gruppe 1 hadde signifikant høyere relativ watt ved AT og makswatt sammenlignet med gruppe 2, begge $p > 0,001$. Det var ingen signifikant forskjell i HF_{peak} og VO_{2maks} ($p = 0,397$ og $p = 0,02$).

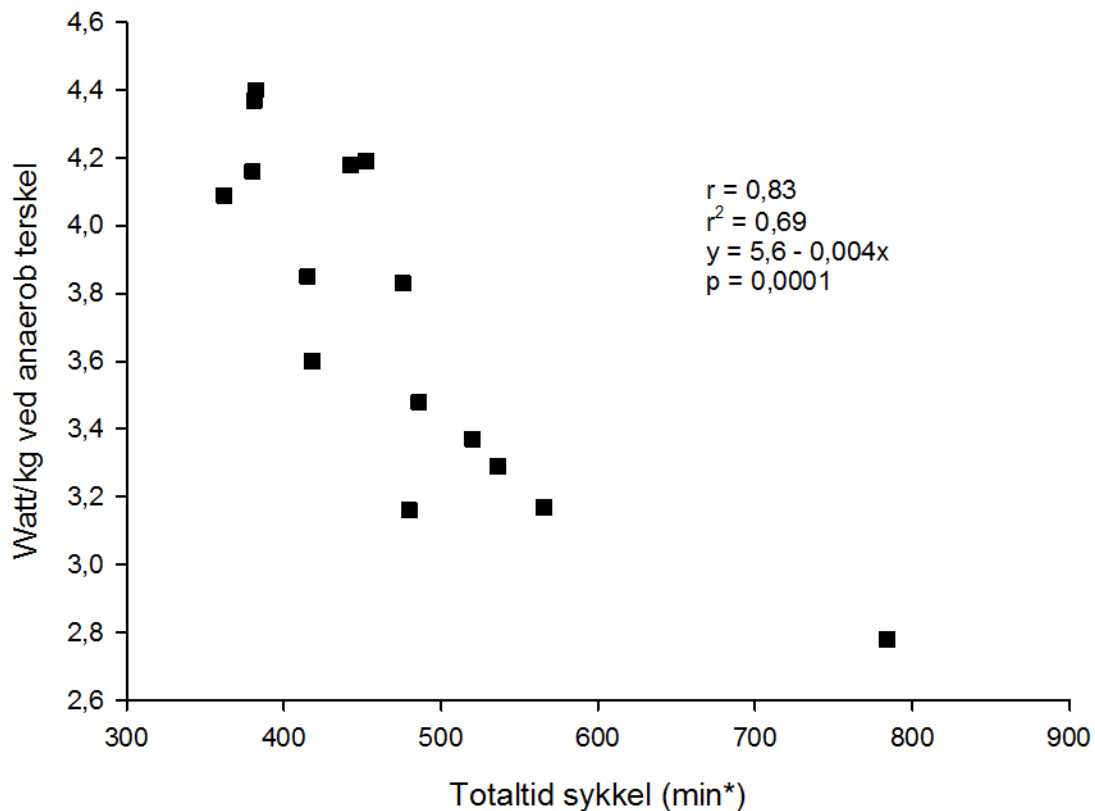
Tabell 3. Viser statistiske data med medianverdi, 25 %- og 75 % percentilen for de to gruppene. Gruppe 1 består av forsøkspersoner blant de ti beste, gruppe 2 består av de som ikke ble topp ti. Vi finner tydelig signifikant forskjell mellom gruppene når vi ser på variablene watt/kg ved anaerob terskel (AT), makswatt og relativ makswatt. HF_{peak} og VO_{2maks} viser ingen signifikant forskjell mellom gruppene.

	Gruppe 1			Gruppe 2		
	Median	25% percentil	75% percentil	Median	25% percentil	75% percentil
Watt/kg ved AT	4,2	4,1	4,4	3,3*	3,2	3,6
Makswatt	450	425	475	337*	293	394
Relativ makswatt	5,9	5,6	6,2	5,1*	4,5	5,1
HFpeak	187	183	189	185	178	189
VO ₂ maks (mL/kg/min)	67	61	68	60,5	55	64
VO ₂ maks (mL/kg ^{0,67} /min)	274	259	284	231	226	266

* signifikant forskjell fra gruppe 1

3.4 Anaerob terskel (AT)

Figur 1 viser sammenhengen mellom forsøkspersonenes (FP) watt/kg ved anaerob terskel (AT) og sykkelprestasjonen. Det er en sterk korrelasjon, $r=0,83$ og $r^2=0,69$, mellom de to variablene og signifikant sammenheng, $p=0,0001$. Watt/kg ved AT har blant våre FP stor betydning for hvor lang tid de bruker på sykketappen.

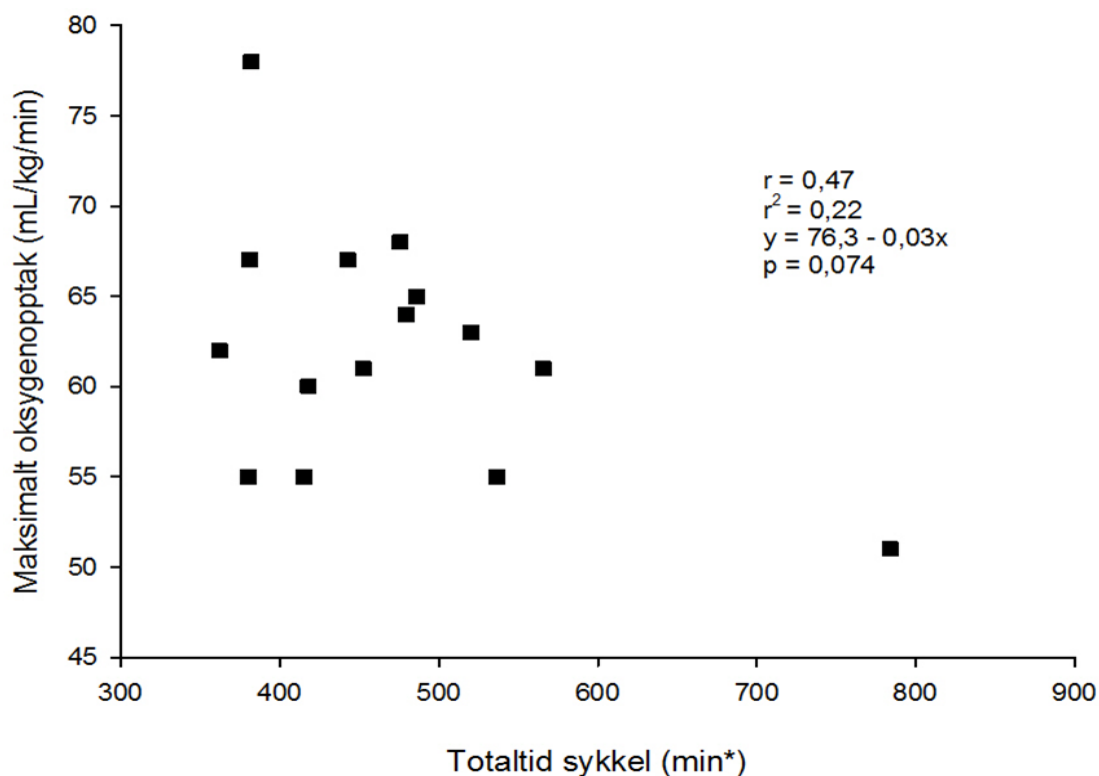


Figur 1. Relativ watt (watt/kg) ved anaerob terskel som funksjon av totaltiden (min*) på sykketappen. Figuren viser en sterkt signifikant sammenheng mellom høy relativ watt og tiden på sykketappen.

* AXtri-deltakernes tid på sykketappen er multiplisert med en faktor på 1,95 for å gjøre sykkeltid i NXtri og AXtri sammenliknbare.

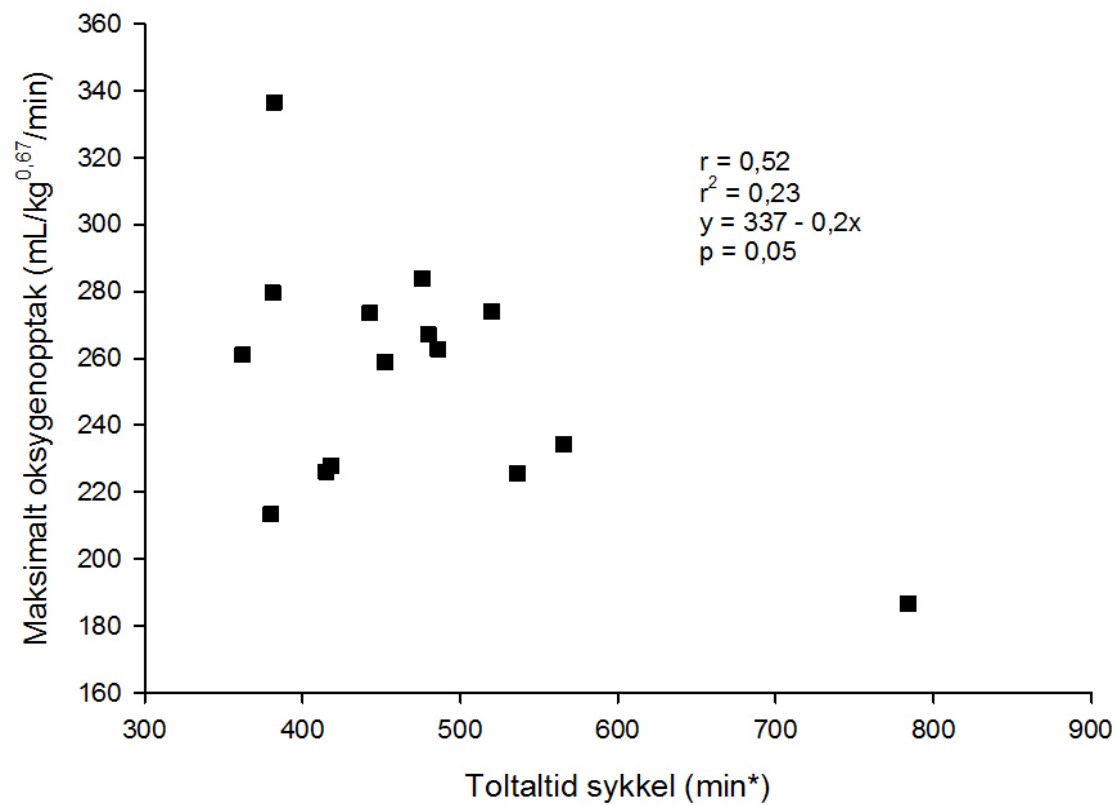
3.5 Maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks})

Figur 2 viser at det ikke er en sterk sammenheng mellom forsøkspersonenes VO_{2maks} (mL/kg/min) og sykkelprestasjon. Korrelasjonen viste seg å være svak, $r=0,47$ og $r^2=0,22$, og det var ingen signifikant sammenheng, $p=0,07$ (figur 2). Da vi opphøyde vekten med en faktor på 0,67, viste det seg å være en svak signifikant sammenheng, $p=0,05$, mellom VO_{2maks} (mL/kg^{0,67}/min) og sykkelprestasjon (figur 3).



Figur 2. Forsøkspersonenes maksimale oksygenopptak (mL/kg/min) oppnådd på sykkeltest som funksjon av totaltid (min*) på sykketappen. Figuren viser ikke signifikant sammenheng mellom det maksimale oksygenopptaket og sykkeltid.

* AXtri-deltakernes tid på sykketappen er multiplisert med en faktor på 1,95 for å gjøre sykkeltid i NXtri og AXtri sammenliknbare.



Figur 3. Forsøkspersonens maksimale oksygenopptak (mL/kg^{0,67}/min)** som funksjon av totaltid (min*) på sykkeletappen. Figuren viser at det er en svak signifikant sammenheng mellom forsøkspersonenes VO_{2maks} og sykkeltid.

* AXtri-deltakernes tid på sykkeletappen er multiplisert med en faktor på 1,95 for å gjøre sykkeltid i NXtri og AXtri sammenliknbare.

** Vekten er opphøyd med en faktor på 0,67 for å tilegne vekten mindre betydning.

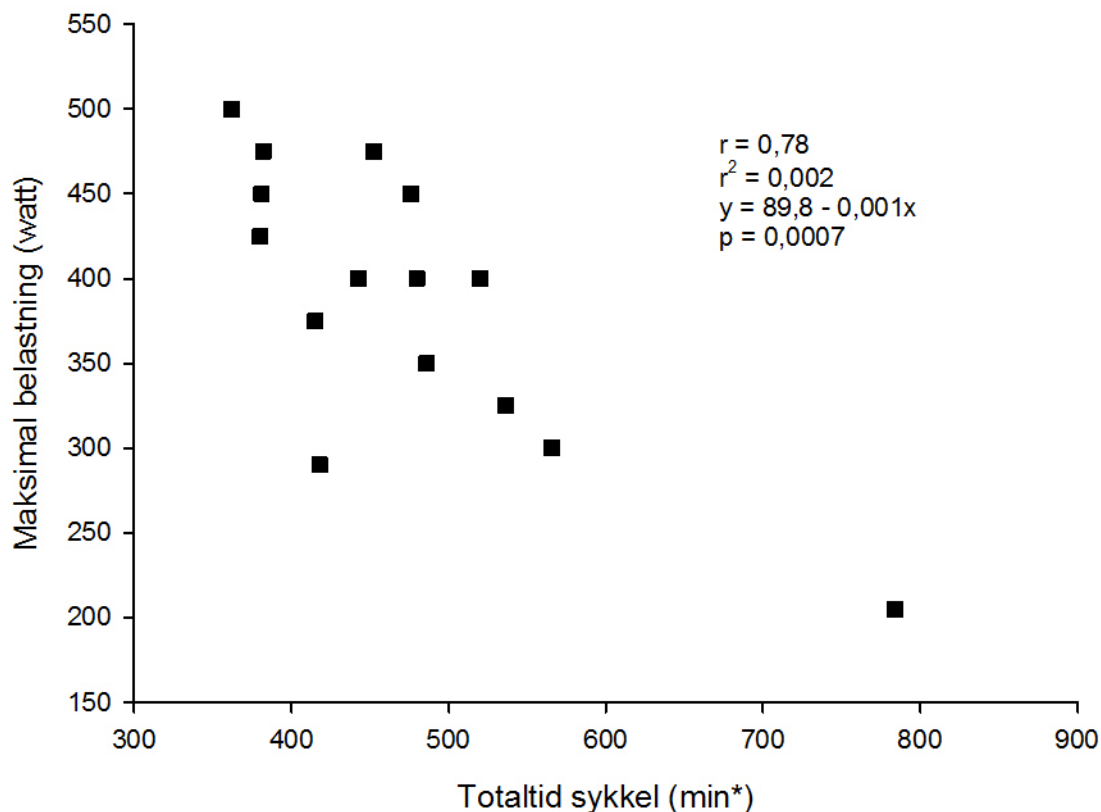
3.6 Maksimal wattbelastning

Figur 5 viser at blant forsøkspersonene (FP) er det en sterk sammenheng mellom deres oppnådde maksimale wattbelastning, målt under VO_{2maks} -testen, og sykkelprestasjon. Vi ser en sterk

korrelasjon, $r=0,78$ og $r^2=0,61$, mellom de to variablene og en signifikant sammenheng, $P=0,0007$.

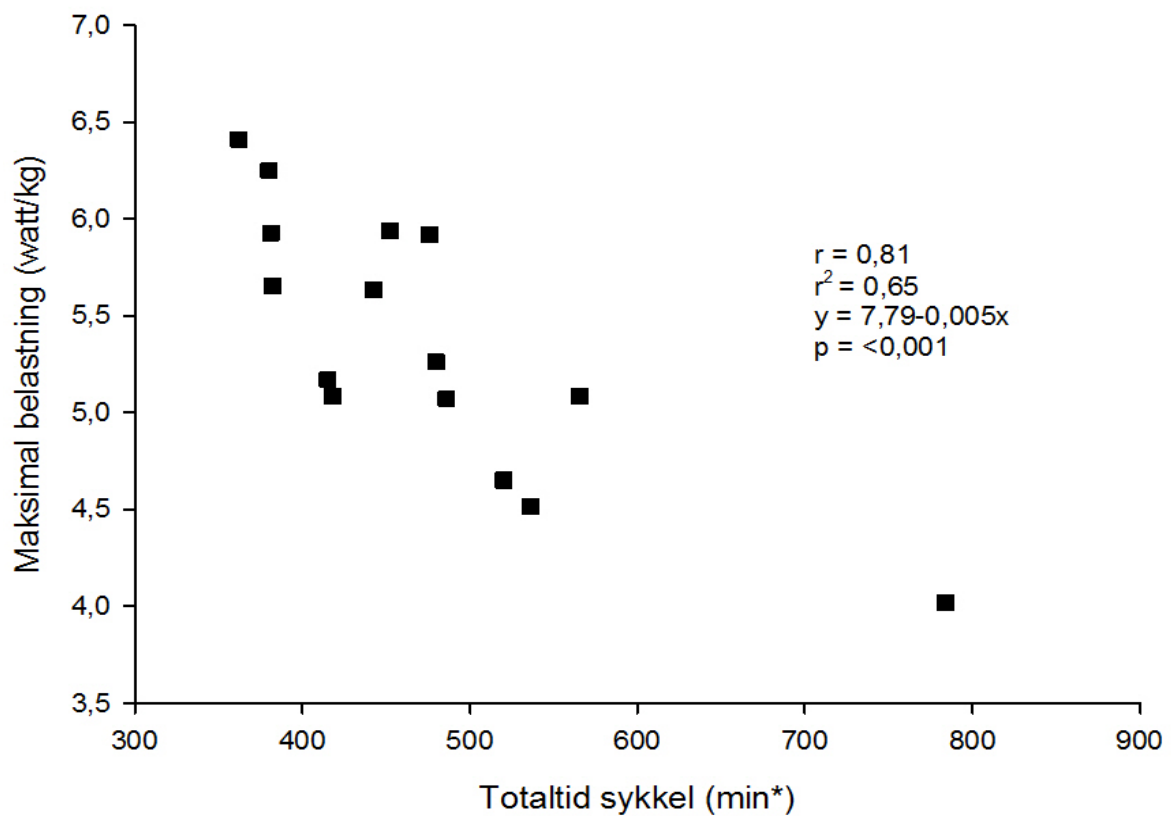
Det vil være utslagsgivende for resultatet i konkurransen hvilken maksimale wattbelastning FP har.

Figur 6 viser den relative maksimale belastningen mot sykkelprestasjon. Her sees også en svært sterk korrelasjon, $r=0,81$ og $r^2=0,65$ og en $p<0,001$.



Figur 5. Forsøkspersonenes maksimale belastning (watt) oppnådd på sykkeltest som funksjon av totaltid (min*) på sykketappen. Figuren viser en sterkt signifikant sammenheng mellom forsøkspersonenes maksimale wattbelastning og totaltid på sykketappen.

* AXtri-deltakernes tid på sykketappen er multiplisert med en faktor på 1,95 for å gjøre sykkeltid i NXtri og AXtri sammenliknbare.

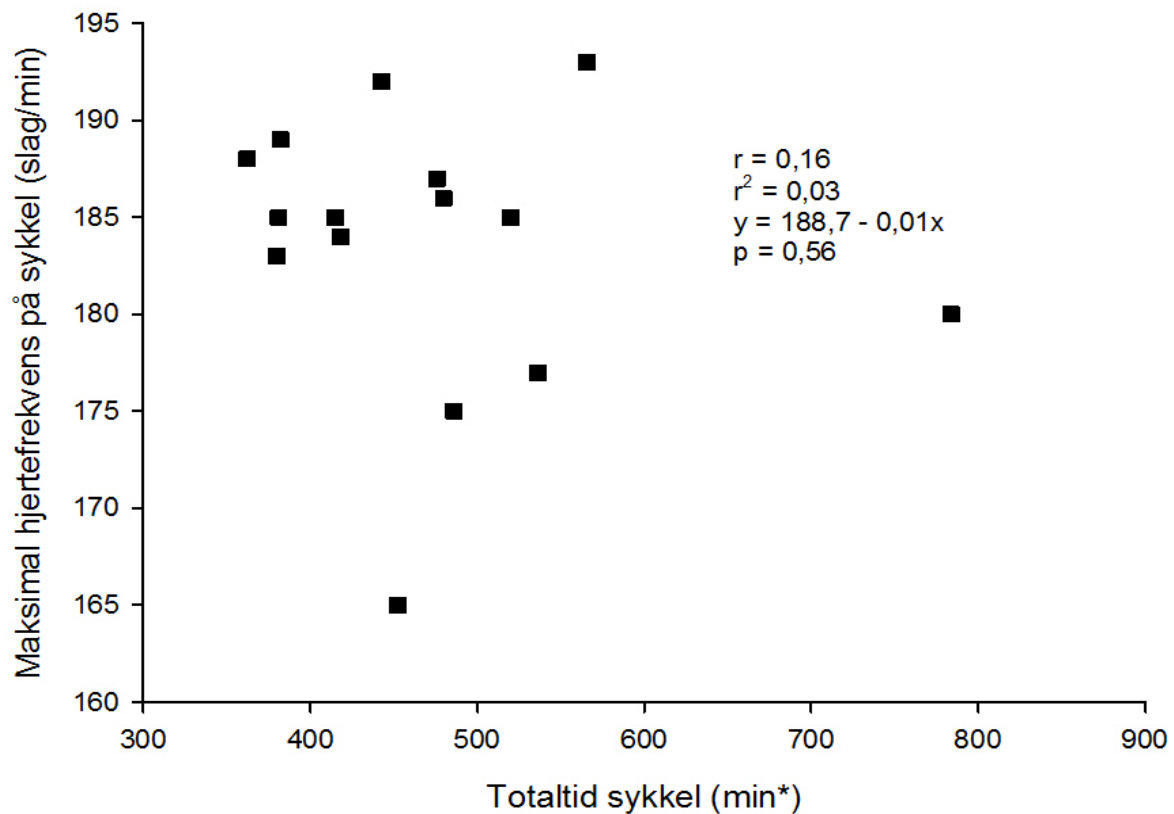


Figur 6. Forsøkspersonenes maksimale relative belastning (watt/kg) som funksjon av totaltid (min*) på sykkletappen. Figuren viser en sterk signifikant sammenheng mellom forsøkspersonenes relative makswatt og totaltid på sykkletappen.

* AXtri-deltakernes tid på sykkletappen er multiplisert med en faktor på 1,95 for å gjøre sykkeltid på NXtri og AXtri sammenliknbare.

3.7 Maksimal hjerterefrekvens (HF_{peak} – slag/min)

Figur 7 viser maksimal hjerterefrekvens (slag/min) oppnådd på sykkeltest som funksjon av totaltid (min) på sykketappen. Det er ingen sterk korrelasjon mellom disse to variablene, $r=0,16$ og $r^2=0,03$. Dette er relativt lave verdier og vi kan si at det ikke er signifikant sammenheng mellom totaltid sykkel (min*) og FP's maksimale hjerterefrekvens ($p=0,56$).

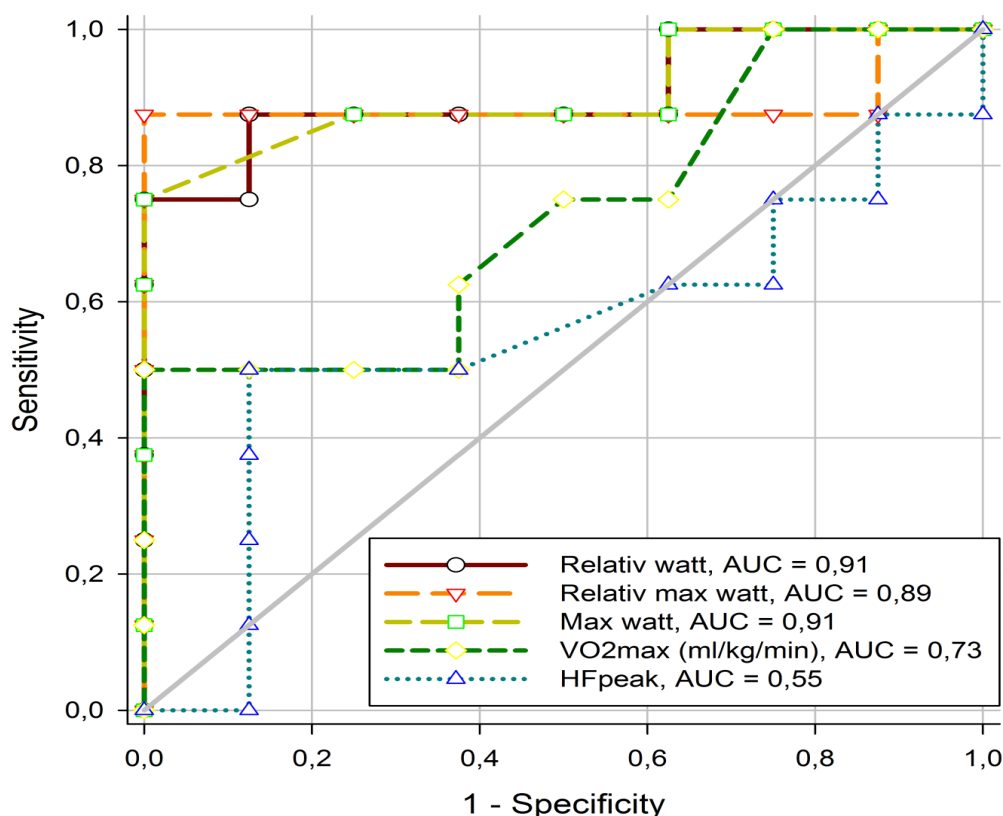


Figur 7. Maksimal hjerterefrekvens (slag/min) oppnådd på sykkeltest som funksjon av totaltid (min*) på sykketappen. Figuren viser at det ikke er signifikant sammenheng mellom forsøkspersonenes maksimale hjerterefrekvens og sykkeltid.

* AXtri-deltakernes tid på sykketappen er multiplisert med en faktor på 1,95 for å gjøre sykkeltid i NXtri og AXtri sammenliknbare.

3.8 ROC – analyse

ROC – analyse utført på variablene relativ watt (watt/kg ved AT), relativ maks watt (maks watt/kg), maks watt, VO_{2maks} (mL/kg/min) og HF_{peak} . Figuren viser at for variablene relativ watt, maks watt og relativ maks watt er *area under the curve* (AUC) stort, med verdier fra 0,89 – 0,91. Dette tyder på at testen er nøyaktig, og at sensitiviteten og spesifisiteten for disse variablene vil være høy. Dersom man har høye verdier, målt ved fysisk testing, av de tre nevnte variablene er det stor sannsynlighet for at man vil være blant de ti beste. Figuren viser samtidig at AUC for HF_{peak} = 0,55 og VO_{2maks} = 0,73. Dette er lave verdier som tyder på at variablene ikke betyr like mye for plassering blant de ti beste eller lavere. For relativ watt vil en cut-off verdi på En cut-off verdi på 3,84 watt/kg ved AT vil ha en sensitivitet på 0,75 og spesifisitet på 0,88. Det betyr at de fleste utøverne som ble blant de ti beste har en høy watt/kg ved AT, men blant topp ti vil det også være noen utøvere som ikke har en relativ watt > 3,84. For maks watt vil en cut-off verdi på 387 watt ha en sensitivitet på 0,86 og spesifisitet på 0,75. Det betyr at de fleste utøverne som ble blant de ti beste har en høy maksimal watt, men blant topp ti vil det også være noen utøvere som ikke har en maksimal watt > 387.



Figur 8. ROC-kurve som viser sensitivitet og spesifisitet for de fem variablene relativ watt (watt/kg ved anaerob terskel), relativ maxwatt (max watt/kg), maksimal wattbelastning (max watt), maksimalt oksygenopptak (mL/kg/min) og HF_{peak} (maksimal hjerterefrekvens målt under sykkeltest). AUC – area under the curve- med verdier fra 0,55 (lav verdi) til 0,91 (høy verdi). Vi ser at relativ watt, relativ maxwatt og maxwatt har stor AUC.

4. Diskusjon

Hensikten med dette prosjektet var å se på hva som skal til for å hevde seg i to av verdens hardeste triatlonkonkurranser, Norseman Extreme Triathlon (NXtri) og Aurlandsfjellet Extreme Triathlon (AXtri). Vår hypotese var at det ville være en stor sammenheng mellom deltakernes relative watt (watt/kg) på anaerob terskel (AT) og prestasjonen på sykketappen i de to triatlonkonkurransene, og at denne sammenhengen ville være sterkere enn for deltakernes oppnådde VO_{2maks} . Samtidig var vi interessert i hvilke andre faktorer som også spiller inn på resultatet. Med ordet "resultat" er hovedfokuset på totaltid sykkel.

4.1 Hovedfunn

Resultatene støtter vår hypotese, og hovedfunnet i dette prosjektet er at det er en signifikant sammenheng mellom FP's relative watt (watt/kg) ved anaerob terskel og den totale tiden de brukte på sykketappen ($p < 0,0001$) i konkurransene vi tok for oss. Vi så at den lineære sammenhengen presentert i figur 1 har god styrke, $r = 0,83$ og $r^2 = 0,69$. Noe overraskende for oss, viste også sammenhengen mellom deltakernes maksimale wattbelastning og totaltid på sykketappen seg å være svært sterk. Figur 5 og 6 viser at dette gjaldt både som absolutt verdi (watt), $r=0,78$ og $r^2=0,61$, og relativ verdi (watt/kg), $r=0,81$ og $r^2=0,65$. Begge hadde p-verdi $<0,001$, som viser en sterkt signifikant sammenheng.

4.2 Anaerob terskel (AT)

Våre forsøkspersoner (FP) hadde en relativt liten spredning når det gjaldt watt/kg ved anaerob terskel (AT), med en range fra 2,8 – 4,4 watt/kg. Det er en gruppe med relativt høye målinger, men som allikevel vil kunne representere både de beste og nest beste i denne typen konkurranser. For å se nærmere på forskjellene mellom de beste og nest beste valgte vi, som nevnt i metoden, å dele dem inn i to grupper. Gruppe 1 representerer topp 10, gruppe 2 representerer de med høyere plassering enn topp 10. Når vi tar for oss variablene relativ watt ved AT, relativ makswatt og makswatt ser vi signifikante forskjeller mellom de to gruppene (tabell 2).

Testene vi har utført viser at de som presterte best på sykketappen, også hadde best relativ watt (watt/kg) ved AT. Det er en signifikant sammenheng ($p < 0,0001$) mellom FP's relative watt (watt/kg) ved AT og den totale tiden de brukte på sykketappen. En stor del av litteraturen viser til andre faktorer som mer betydningsfulle for prestasjonen i lange triatlonkonkurranser (1, 5, 7). Derimot fant Støren, Ulevåg et. al. (25) at det er sterk sammenheng mellom tidsbruk på 20 km TT (time trial) og

watt ved anaerob terskel, noe som i likhet med våre funn kan tyde på at høy relativ watt ved AT har betydning for sykkelprestasjonen.

Vi ser av ROC-kurven at A (area under the curve) = 0,91 for relativ watt. Dette er en høy verdi som tyder på at dersom man har en høy relativ watt ved AT, vil det være stor sannsynlighet for at man blir blant de ti beste. En cut-off verdi på 3,84 watt/kg ved AT vil ha en sensitivitet på 0,75 og spesifisitet på 0,88. Det betyr at de fleste utøverne som ble blant de ti beste har en høy watt/kg ved AT, men blant topp ti vil det også være noen utøvere som ikke har en relativ watt > 3,84.

Samtidig med at vi ser en klar sammenheng mellom totaltid sykkel og watt/kg ved AT er det også andre faktorer som har betydning for tiden man bruker på en så lang sykkeletappe, blant annet ernæring, aerodynamikk, uhell osv. Som tidligere nevnt går vi ikke nærmere inn på dette i vårt prosjekt.

4.3 Maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks})

Maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks}) varierte relativt mye blant forsøkspersonene i dette prosjektet, med en range fra 51-78 mL/kg/min. Våre målinger viste at det er dårlig korrelasjon mellom VO_{2maks} og prestasjon på sykkel blant deltakerne i disse konkurransene (Figur 2). Dette støtter vår hypotese. Studier gjort av langdistansetriatleter tidligere, viser at det er en sammenheng mellom VO_{2maks} og prestasjon, men at sammenhengen er størst blant en heterogen gruppe utøvere (22). Vi har tidligere pekt på at langdistansetriatleter i verdenstoppen har et relativt høyt oksygenopptak, men i gjennomsnitt en god del lavere enn spesialister i hver av de tre grenene (1, 24). En studie av G. Gordon og D.S Rowlands fra 1996, peker på nettopp dette(5). Den samme studien peker på at ekstremverdier i VO_2 ikke er en viktig faktor for å prestere i slike konkurranser, men at man må over et visst nivå for å kunne prestere. Man kan altså ikke ha et maksimalt oksygenopptak som en mosjonist og samtidig prestere i toppen i disse konkurransene.

Blant våre forsøkspersoner var relativt mange av dem forventet å prestere i toppen av konkurransen. Blant disse hadde alle et relativt høyt maksimalt oksygenopptak og den VO_{2maks} -verdien som ble oppnådd viste seg å korrelere dårlig med sykkeltid i NXtri og AXtri. Dette gjaldt først og fremst når verdien ble oppgitt som mL/kg/min (Figur 2). Av ROC-kurven ser vi at AUC (area under the curve) for VO_{2maks} (mL/kg/min) = 0,73. Dette er en relativt lav verdi som tyder på at det ikke er gitt at man vil

prestere dårlig (ikke være blant de 10 beste), selv med relativt lavt maksimalt oksygenopptak. En cut-off verdi på 0,63 (63 mL/kg/min) vil ha en sensitivitet på 0,5 og spesifisitet på 0,75. Det vil dermed være noen blant de ti beste som ikke har et oksygenopptak > 63 mL/kg/min.

Når vi tilegner vekten noe mindre betydning og oppgir VO_{2maks} -verdien som $\text{mL/kg}^{0,67}/\text{min}$, viser det seg å være en svak, men signifikant sammenheng mellom VO_{2maks} og tiden på sykketappen (Figur 3). Det kan tenkes at denne sammenhengen ville vist seg enda sterkere, dersom vi hadde hatt flere forsøkspersoner og dersom de hadde holdt et mer ujevnt nivå. Det skal også nevnes at VO_{2maks} -målingene for to av forsøkspersonene, som begge presterte meget bra i konkurransen, ikke ble riktige. Dette kan ytterligere ha ført til at sammenhengen ser svakere ut enn forventet.

I denne oppgaven har vi som tidligere beskrevet, kun testet VO_{2maks} på sykkel. Vi har tidligere pekt på at flere studier av triatleter viser at VO_{2maks} vil variere mellom de tre øvelsene svømming, sykling og løping (5,22). Det er også vist blant langrennsløpere at VO_{2maks} hos en enkeltutøver varierer mellom klassisk, skøyting og løping (23). Dette underbygger at det er hensiktsmessig å teste VO_{2maks} idrettsspesifikt. I NXtri og AXtri utgjør også løpetappen en stor andel av totaltiden. Som for sykketappen skiller løpetappen i disse konkurransene seg fra de fleste andre, ved at mye av løpingen foregår i motbakke. Det er derfor viktig å poengtere at forsøkspersonene i denne oppgaven vil ha andre VO_{2maks} -verdier i løping og at dette kan være med på å påvirke den totale prestasjonsevnen i konkurransen.

4.4 Maksimal wattbelastning

Som utgangspunkt for denne prosjektoppgaven var vi mest interessert i å se på watt-verdier ved anaerob terskel, men resultatene indikerer altså en enda sterkere sammenheng når vi ser på forsøkspersonenes makswatt-verdier opp mot sykkelprestasjon. At denne sammenhengen er sterk, støttes av studier gjort både av triatleter og syklistere (24,26,27,28). Millet et al viste i en studie fra 2003 at denne sammenhengen er svært sterk blant langdistansetriatleter ($r=-0,83$, $P<0,05$).

Blant våre forsøkspersoner viser det seg å være svært god korrelasjon mellom makswatt og prestasjon på sykkel (figur 5,6). Sammenhengen er sterk, både når vi ser på den absolutte (watt) og den relative (watt/kg) verdien ($p < 0,001$). ROC-kurven viser likevel at den er aller sterkest når watt oppgis som absolutt verdi. AUC (area under the curve) for maksimal wattbelastning (maks watt) =

0,91. Dette er en høy verdi som tyder på at dersom man har en høy makswatt, vil det være stor sannsynlighet for at man blir blant de ti beste. En cut-off på 387 watt vil ha en sensitivitet på 0,86 og spesifisitet på 0,75. Det betyr at de fleste utøverne som ble blant de ti beste har en høy maksimal watt, men blant topp ti vil det også være noen utøvere som ikke har en maksimal watt > 387. Det samme gjelder for relativ maksimal wattbelastning, AUC = 0,89. Dette bekrefter igjen at det vil være viktig for en god prestasjon på sykkeletappen å trække mange watt.

At sammenhengen er størst når watt oppgis som absolutt verdi og ikke relativ, er noe overraskende ettersom vi tenker oss at kroppsvekt har betydning for prestasjon i NXtri og AXtri. Det må også på dette området tas med i betraktningen at våre forsøkspersoner alle har en lav og relativt lik vekt. En studie av Lamberts et al fra 2012, viser at både makswatt, relativ makswatt og relativ makswatt med vekten opphøyd i en faktor på 0,32, har signifikant sammenheng med prestasjon på 40 km temposykling i flatt terreng. Aller størst er sammenhengen når vekten opphøyes og tilegnes mindre betydning. For sykling i lange motbakker, slik som i AXtri og NXtri, vil det kanskje være hensiktsmessig å opphøye vekten med en faktor (watt/kg^x) for å finne den sterkeste sammenhengen mellom makswatt og prestasjon.

4.5 Maksimal hjerterefrekvens (slag min – HF_{peak})

Maksimal hjerterefrekvens oppnådd på sykkel under testing av maksimalt oksygenopptak (HF_{peak}) hos våre utøvere varierer fra 165 – 193 slag/min. Dette er en relativt stor spredning, og analyseringen av data bekrefter vår teori om at dette ikke er utslagsgivende for prestasjonen i verken NXtri eller AXtri. $R = 0,16$ og $r^2 = 0,03$ tyder på at sammenhengen mellom prestasjonen på sykkeletappen og FP's HF_{peak} er svak. Dette stemmer overens med studier som tar for seg de viktigste faktorene for å prestere i disse type utholdenhetsidretter (1,5), hvor maksimal hjerterefrekvens ikke er nevnt blant faktorer av betydning.

AUC (area under the curve) for HF_{peak} (slag/min oppnådd under måling av maksimalt oksygenopptak) = 0,55. Dette er en lav verdi, som igjen tyder på det er liten sammenheng mellom den maksimale hjerterefrekvensen som ble målt og plassering i konkurransene. En cut-off verdi på 185 slag/min vil ha en sensitivitet på 0,5 og en spesifisitet på 0,6.

6. Kilder

1. B. P. Factors Affecting Performance in an ultradistance triathlon. Sports Med. 2001;31:195-209.
2. Svedahl SM, B.R. <Anaerobic Threshold- The Concept and Methods of Measurement.pdf>. Can J Appl Physiol. 2003;28:299-323.
3. Åstrand P-O, Rodahl K-. Textbook of work physiology : physiological bases of exercise. 4th ed 1986.
4. Frøyd C, Sæterdal R, Wisnes AR. Utholdenhet; trening som gir resultater. Oslo: Akilles 2005. 130 s. : ill. p.
5. Sleivert GGR, D.S. Physical and physiological factors associated with success in the triathlon. Sports Med. 1996;22:8-18.
6. Hue OLG, D. Ventilatory threshold and maximal oxygen uptake in present triathletes. Can J Appl Physiol. 2000;25(2):102-13.
7. Bassett Jr. DR. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance.. MEDICINE & SCIENCE IN SPORTS & EXERCISE 2000;32(1):70-84.
8. Costill DLT, H. Roberts, E. <Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running>. Medicine and science in sports and exercise. 1973;5(4):248-52.
9. Borch KW IF, Larsen S, Tomten SE. Rate of accumulation of blood lactate during graded exercise as a predictor of 'anaerobic threshold'. Journal of sports sciences. 1993;11:49-55.
10. McArdle WD, Katch VL, Katch FI. Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2006. LXXI, 1068 s. : ill. + CD-ROM + hjelpehf. p.
11. Aspenes ST, Nauman J, Nilsen TI, Vatten LJ, Wisloff U. Physical activity as a long-term predictor of peak oxygen uptake: the HUNT Study. Medicine and science in sports and exercise. 2011 Sep;43(9):1675-9. PubMed PMID: 21364479.
12. E. H. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. MEDICINE & SCIENCE IN SPORTS & EXERCISE. 1995;27:1292-301.
13. J. MR. Aerobic Capacity and Fractional Utilisation of Aerobic Capacity

in Elite and Non-Elite Male and Female Marathon Runners. *European journal of applied physiology*. 1987;53:80-7.

14. Bosquet L. Methods to Determine Aerobic Endurance. *Sports Med*. 2002;32:675-700.

15. HILL AVaHL. Muscular Exercise, Lactic Acid and the supply and utilisation of Oxygen. *Proceedings of the Royal Society of London*. 1924;97:155-76

16. McArdle WD, Katch VL, Katch FI. *Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2006. LXXI, 1068 s. : ill. + CD-ROM + hjelpehf. p.

17. Saltin B. Maximal oxygen uptake in athletes *Journal of Applied physiology*. 1967;23:353-58.

18. Wehrlin JP1 HJ. Linear decrease in VO₂max and performance with increasing altitude in endurance athletes. *Eur J Appl Physiol*. 2006;96:404-12.

19. Gledhill N. Blood doping and related issues: a brief review *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1982;14:183-9.

20. Andersen PH, J. Capillary supply of the quadriceps femoris muscle of man: adaptive response to exercise. *Journal of Physiology*. 1977;270:677-90

21. Conley DLK, G.S. Running economy and distance running performance of highly trained athletes *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1980;12:357-60.

22. 'Toole ML. Lactate, Oxygen Uptake, and Cycling Performance in Triathletes. *IntJ Sports Med*. 1989;10:413-18.

23. Mahood NVK, R.W. ; Kertzer, R. ; Quinn, T.J. Physiological determinants of cross-country ski racing performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2001;33:1379-84.

24. Millet GP, Dreano P, Bentley DJ. Physiological characteristics of elite short- and long-distance triathletes. *Eur J Appl Physiol*. 2003;88(4-5):427-30.

25. Støren Ø, Ulevåg, K. . Physiological determinants of the cycling time trial. *Journal of strength and conditioning research*. 2013;27(9):2366-73.

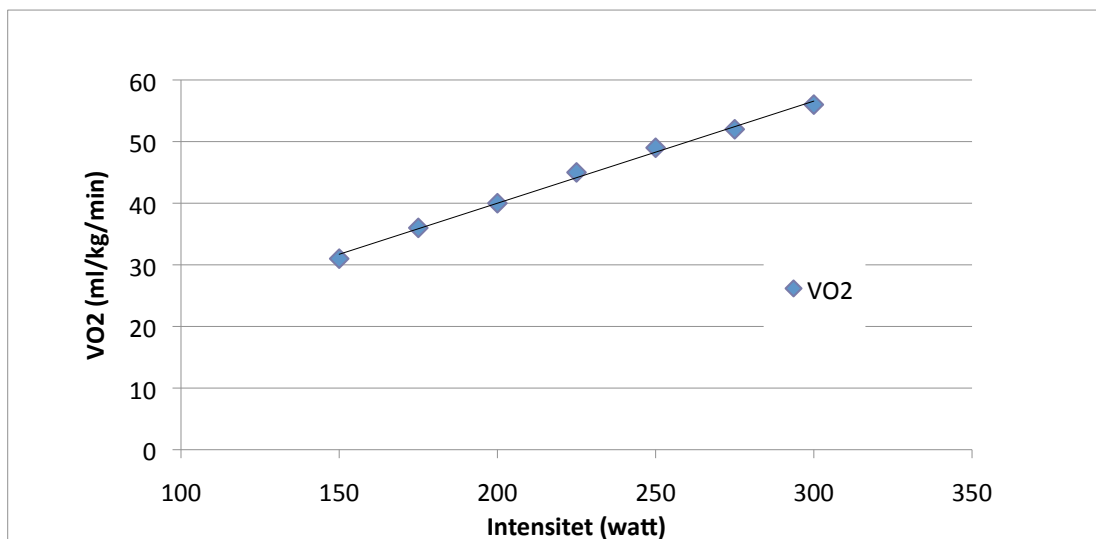
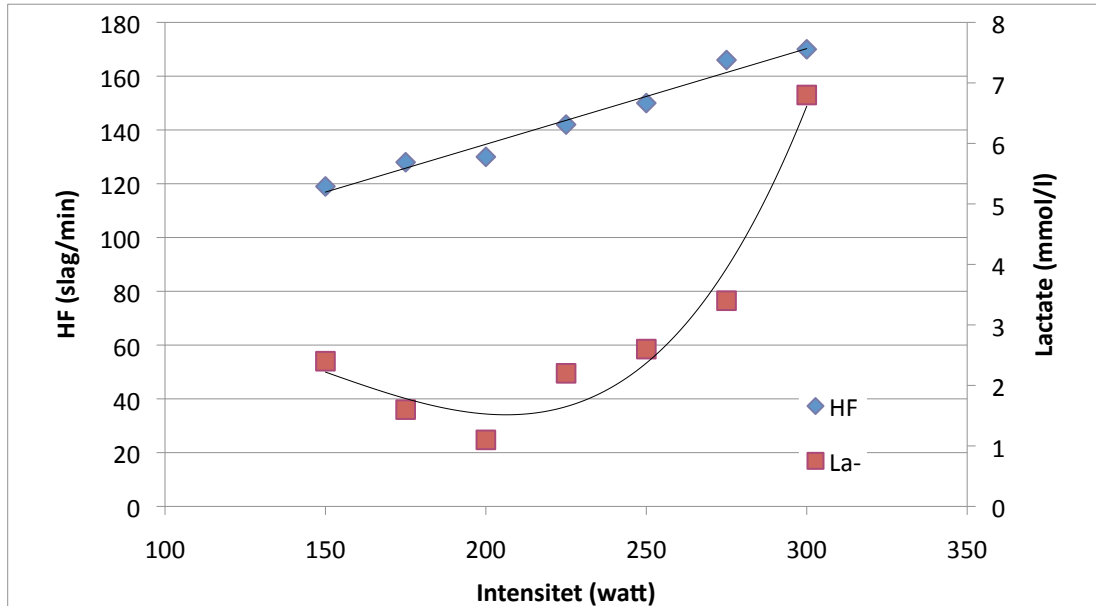
26. Lamberts RPL, Michael I; Swart, Jeroen; Noakes, Timothy D. Allometric scaling of peak power output accurately predicts time trial performance and maximal oxygen consumption in trained cyclists. *British Journal of Sports Medicine*. 2012;46:36.

27. BENTLEY DJ. Peak power output, the lactate threshold, and time trial performance in cyclists. MEDICINE & SCIENCE IN SPORTS & EXERCISE. 2001;200.
28. Hawley JAN, Timothy D. Peak power output predicts maximal oxygen uptake and performance time in trained cyclists. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. 1992;65:79-83.

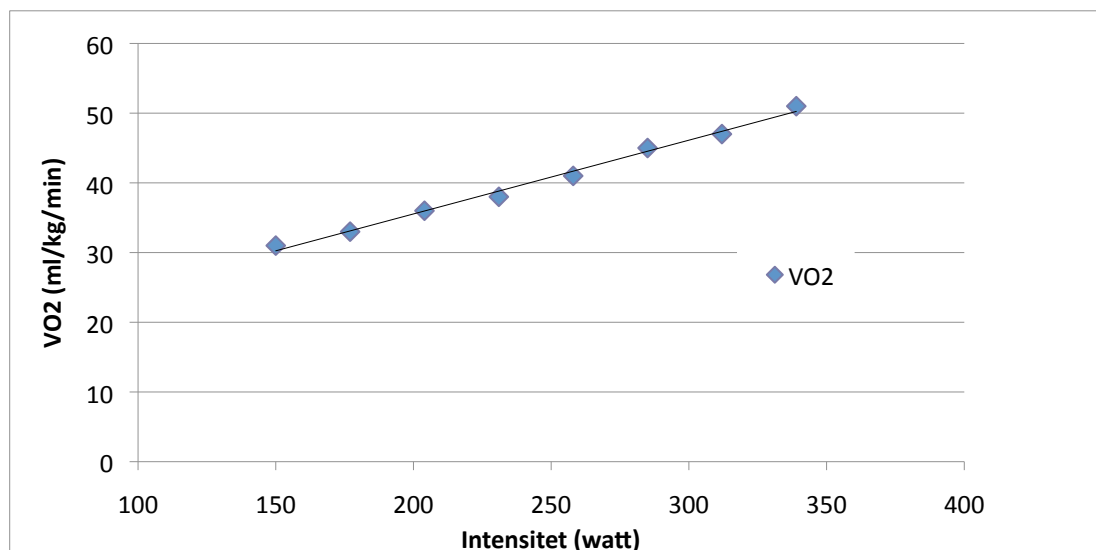
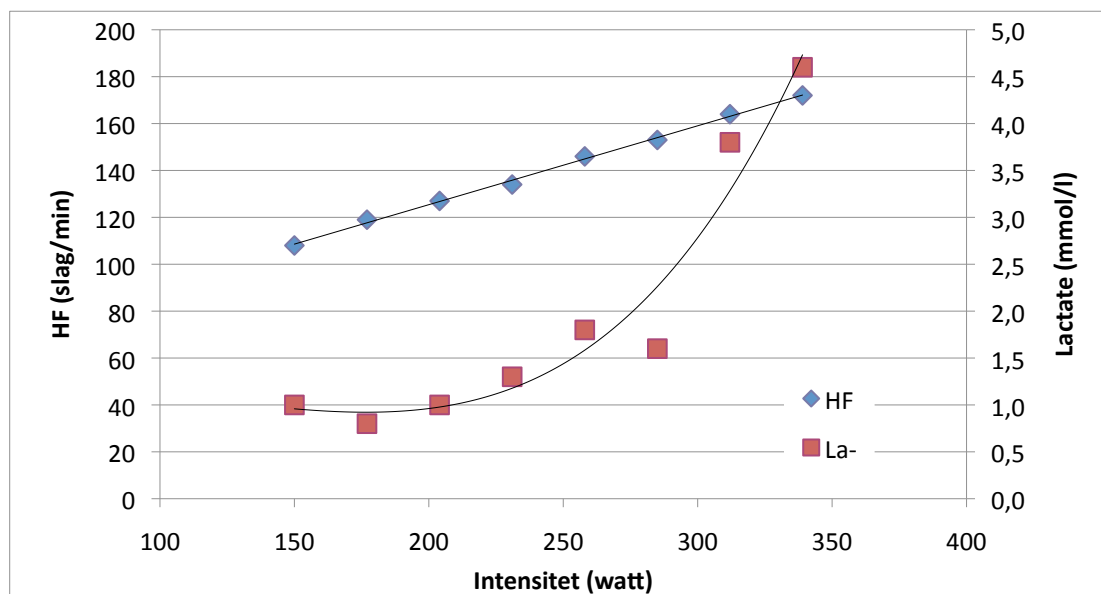
7. Vedlegg

VEDLEGG 1. Laktatprofil og oksygenopptak ved testing av anaerob terskel

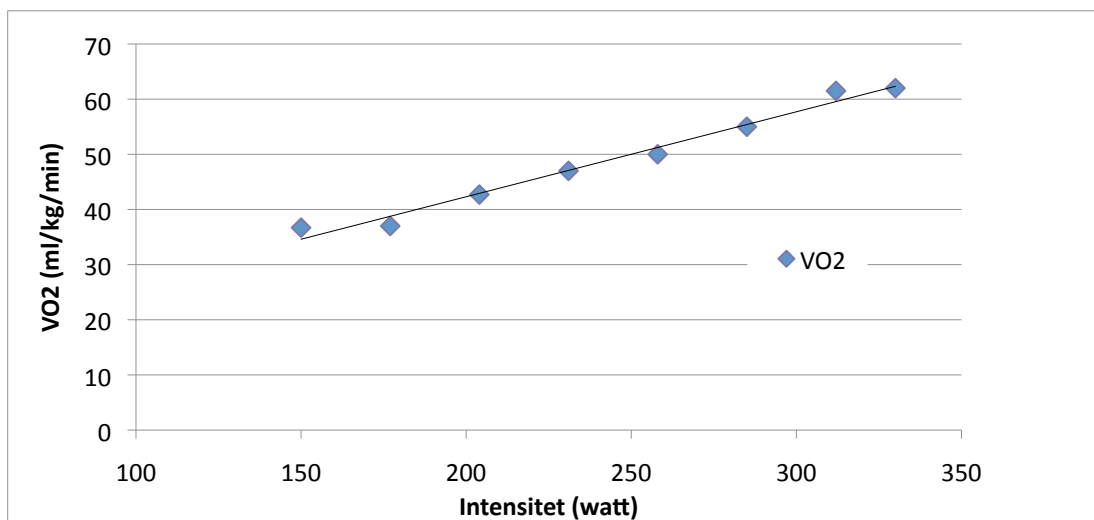
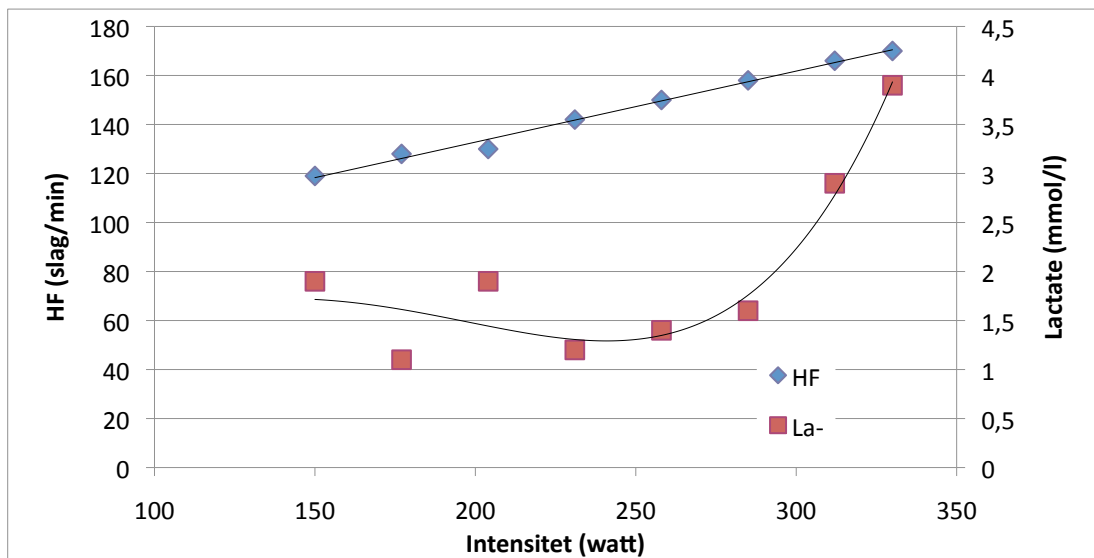
Forsøksperson 1



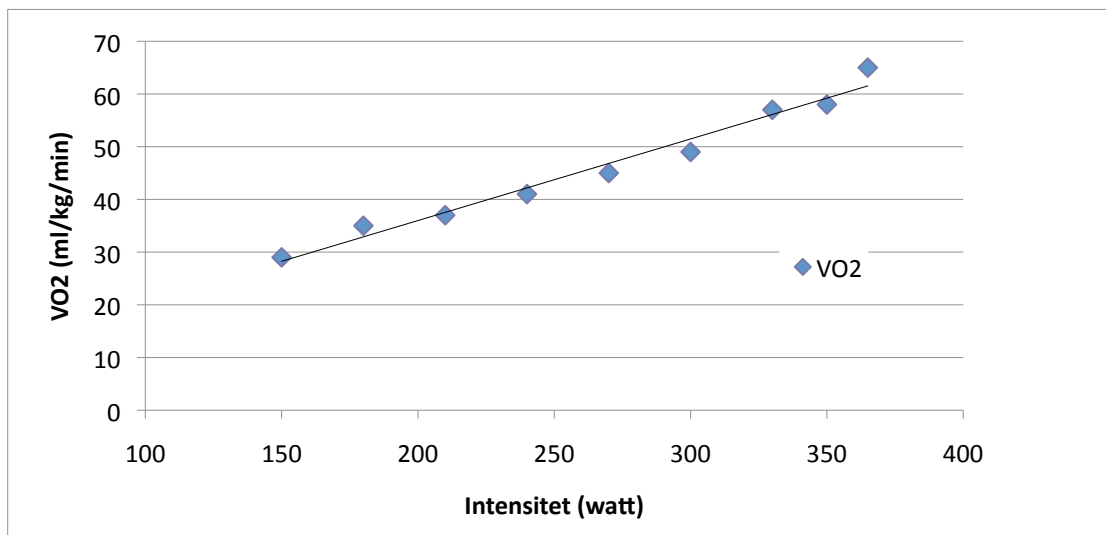
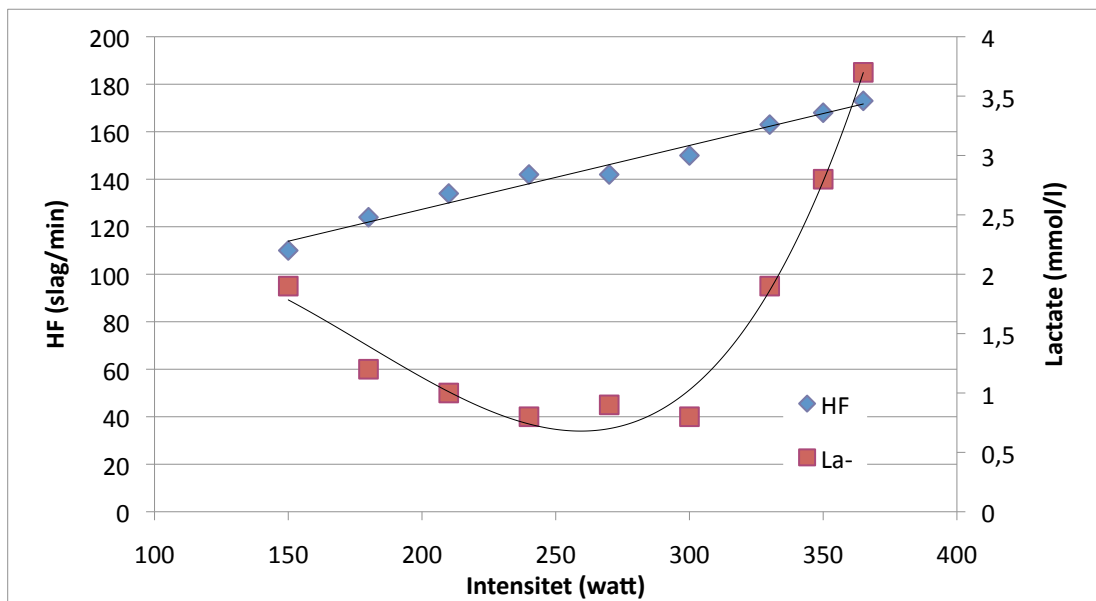
Forsøksperson 2



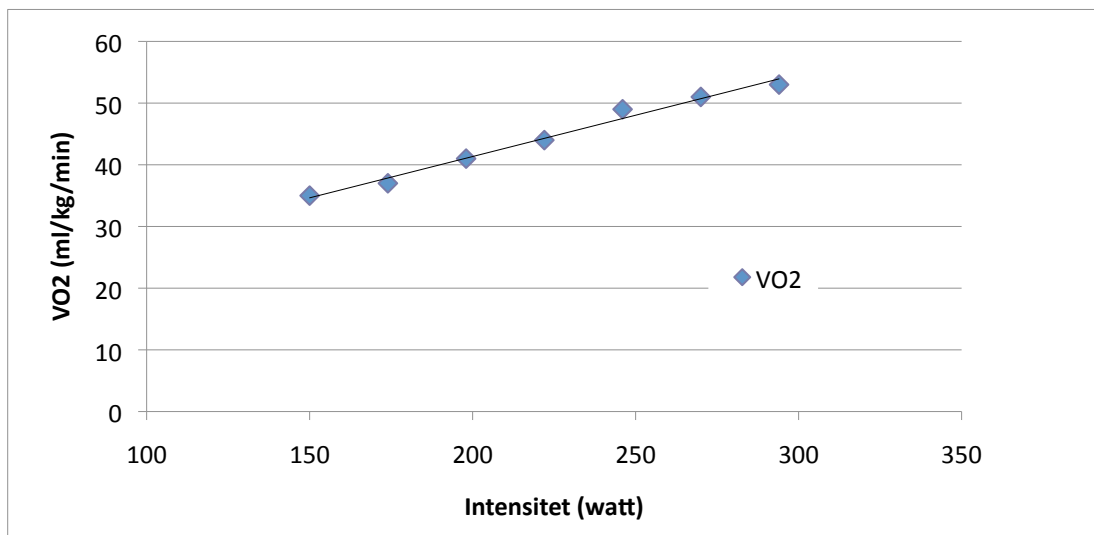
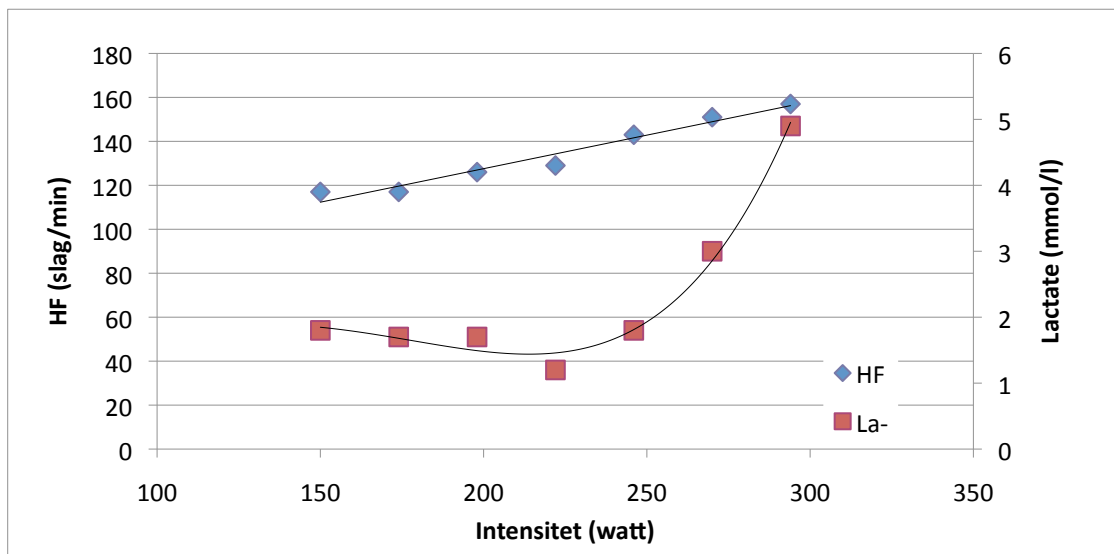
Forsøksperson 3



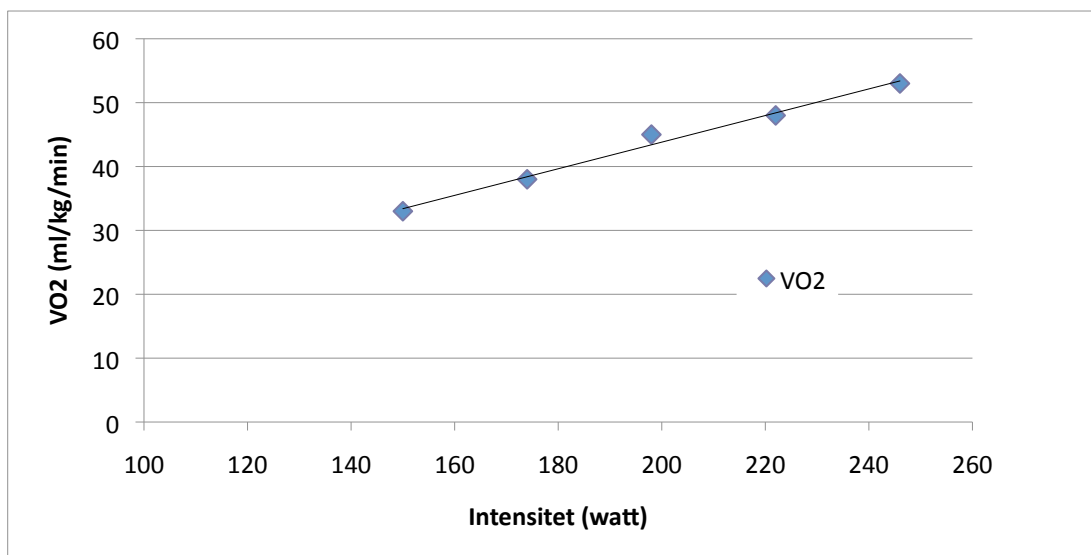
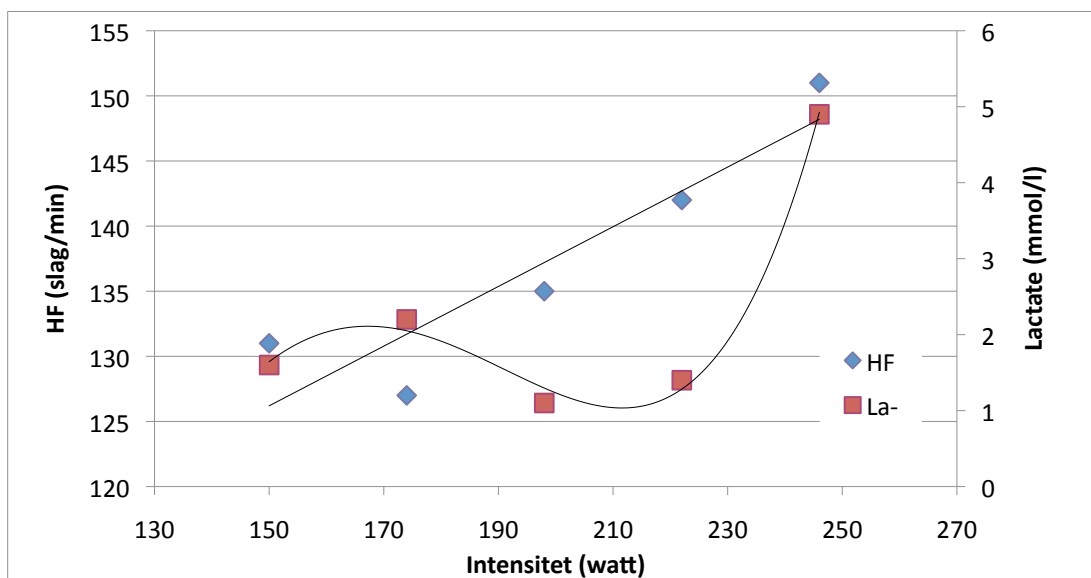
Forsøksperson 4



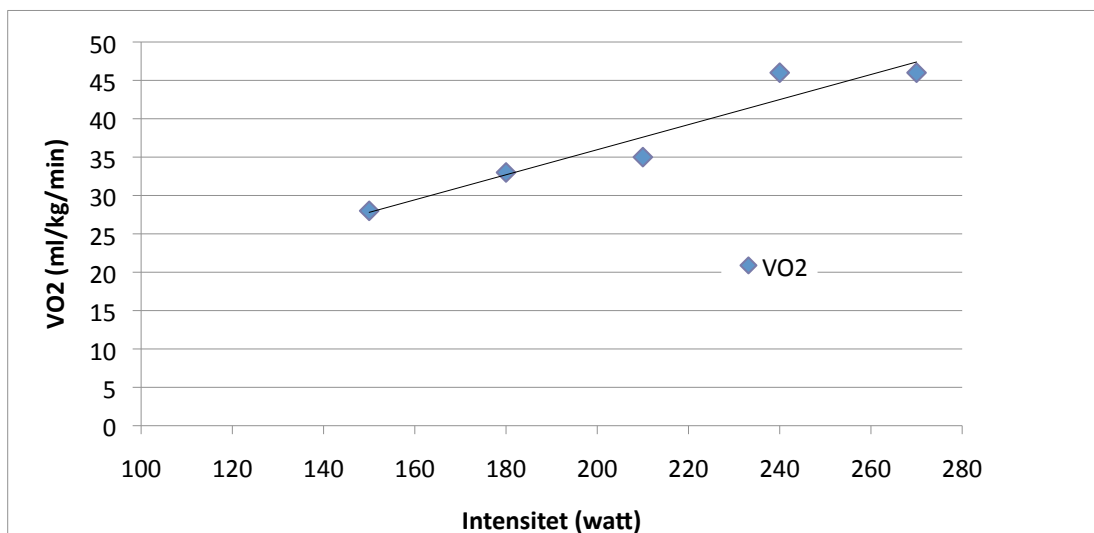
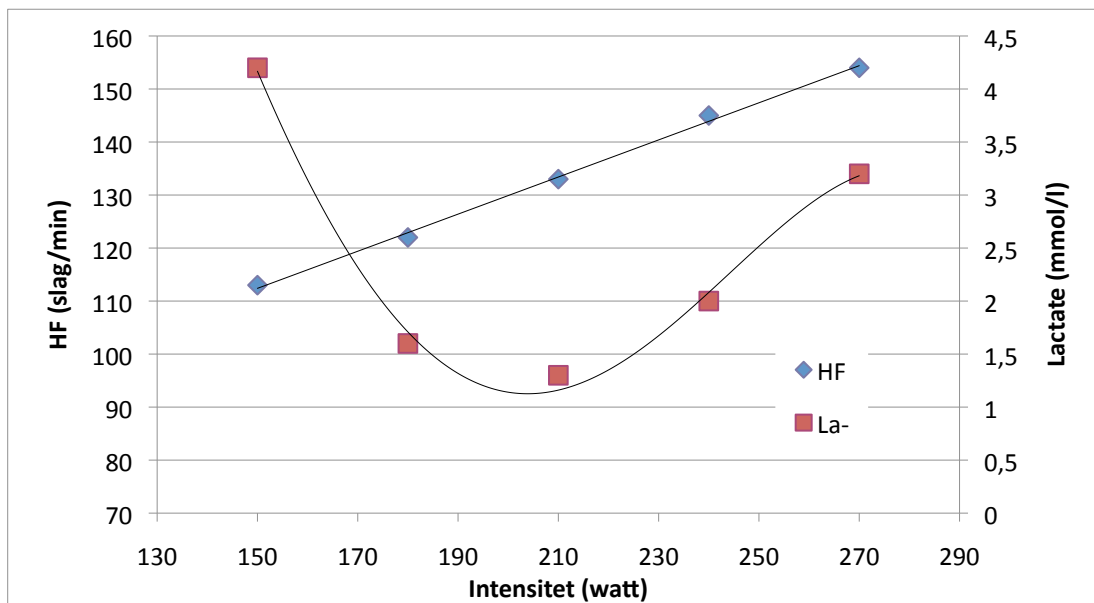
Forsøksperson 5



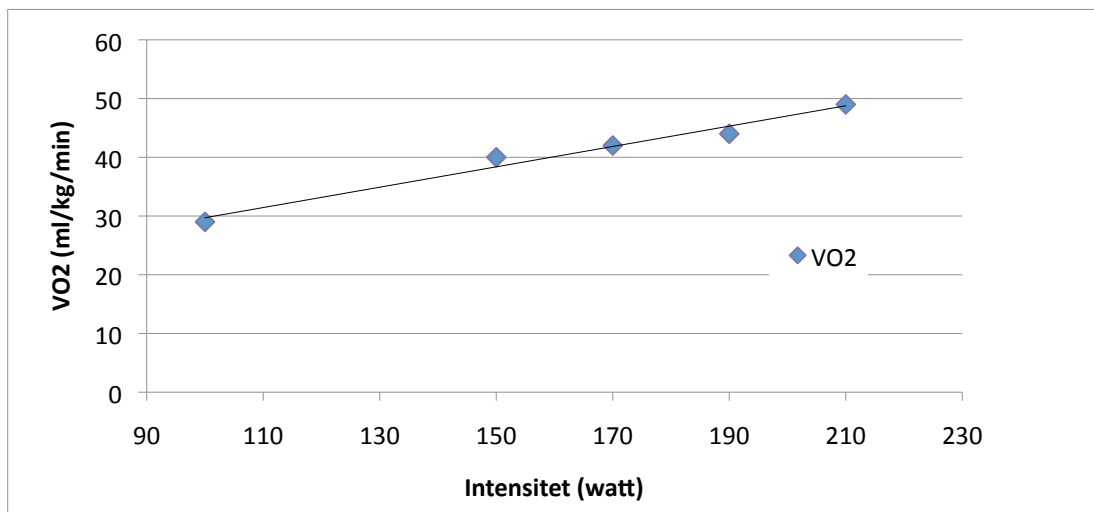
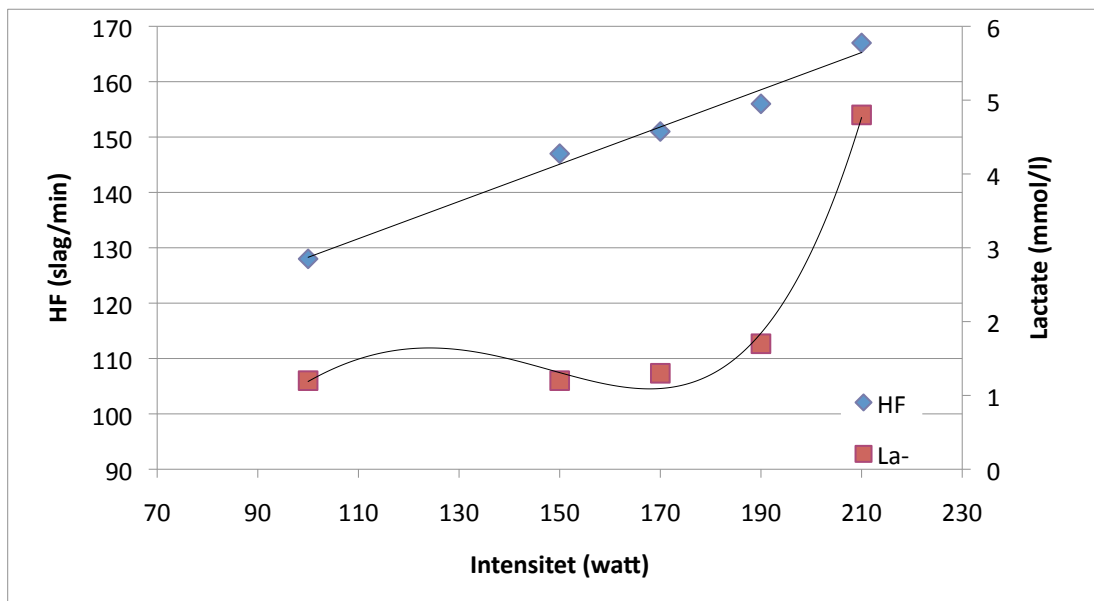
Forsøksperson 6



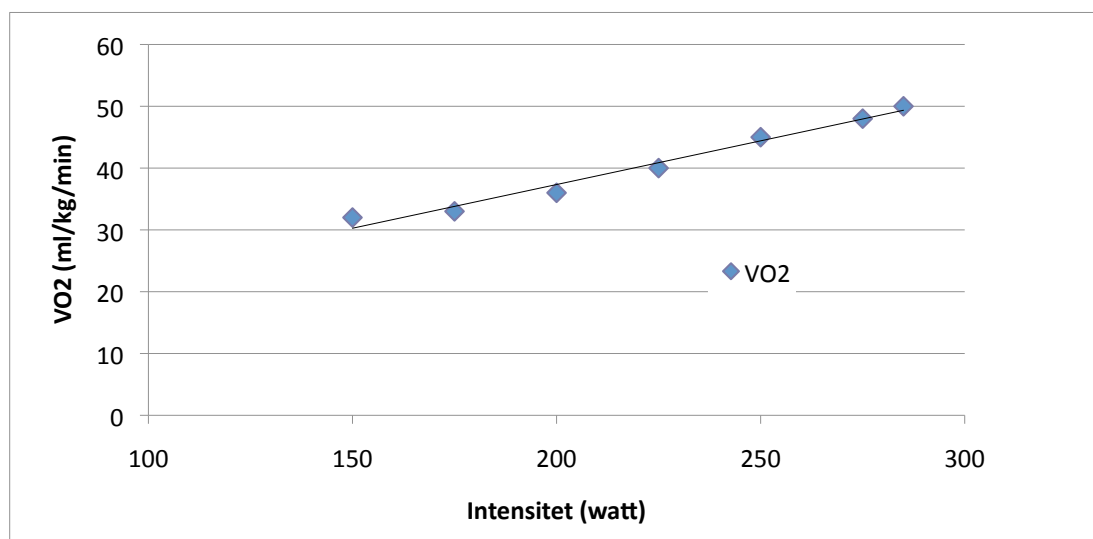
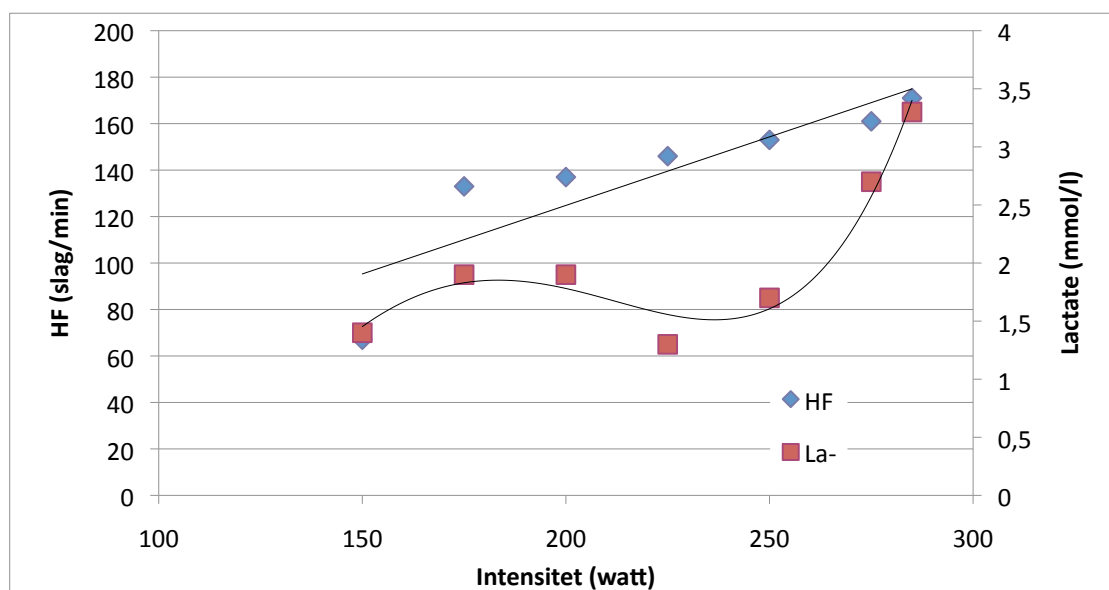
Forsøksperson 7



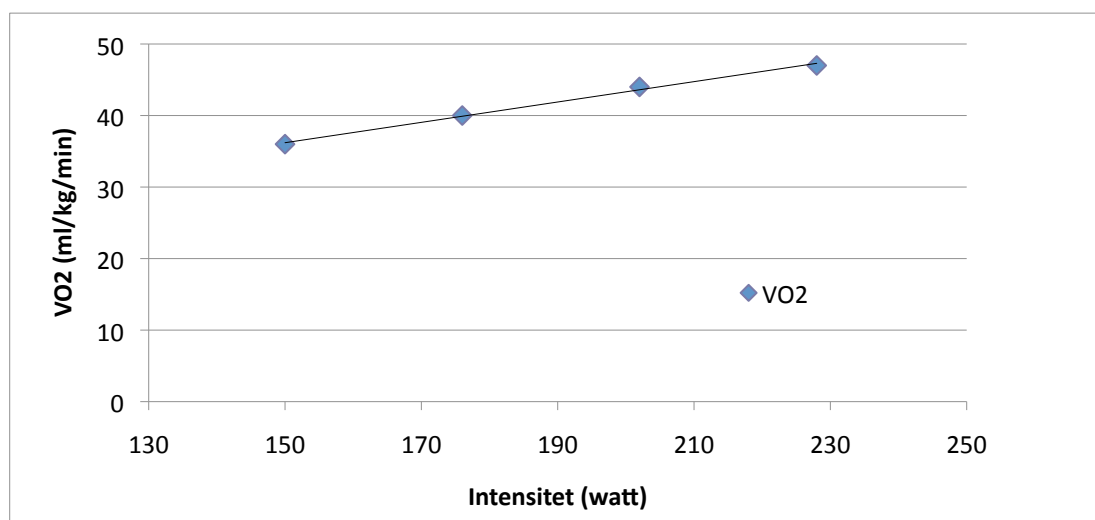
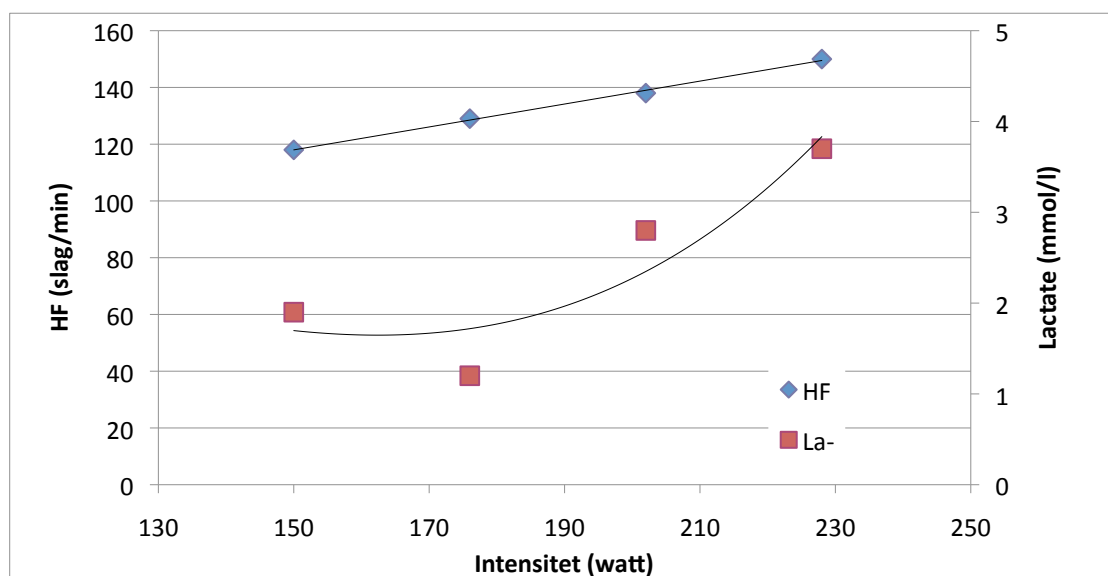
Forsøksperson 8



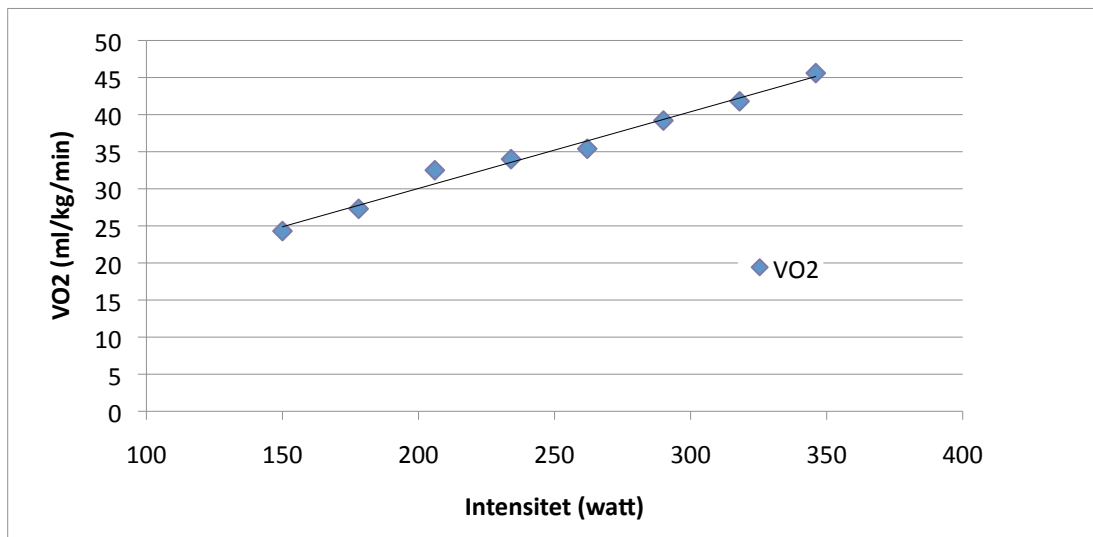
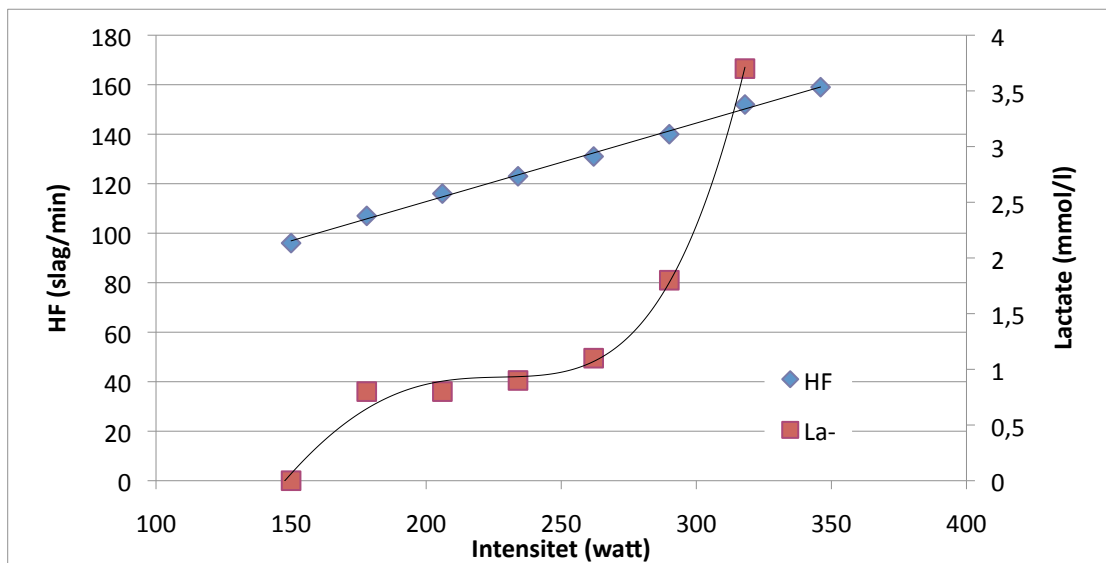
Forsøksperson 9



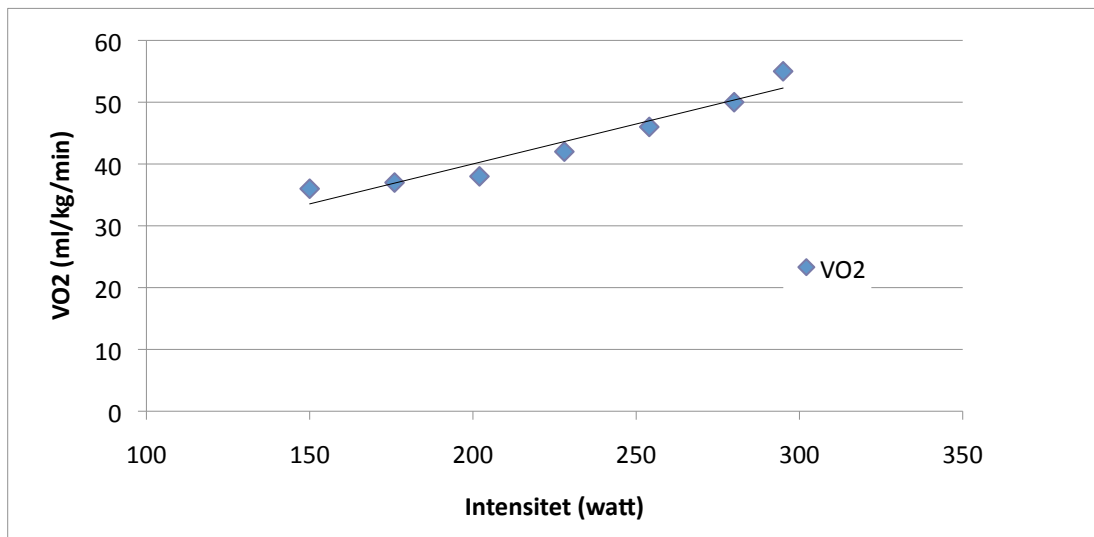
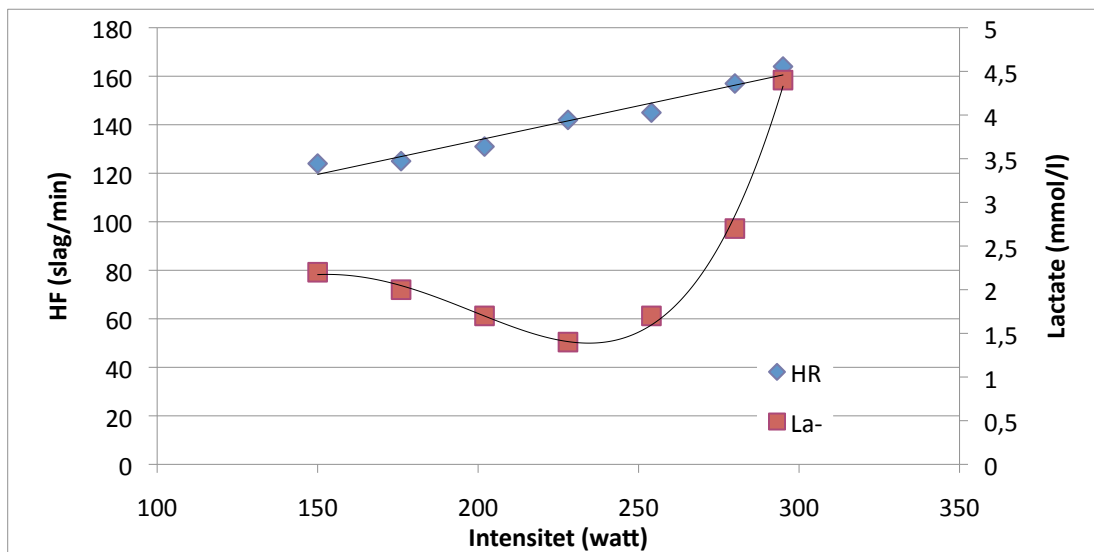
Forsøksperson 10



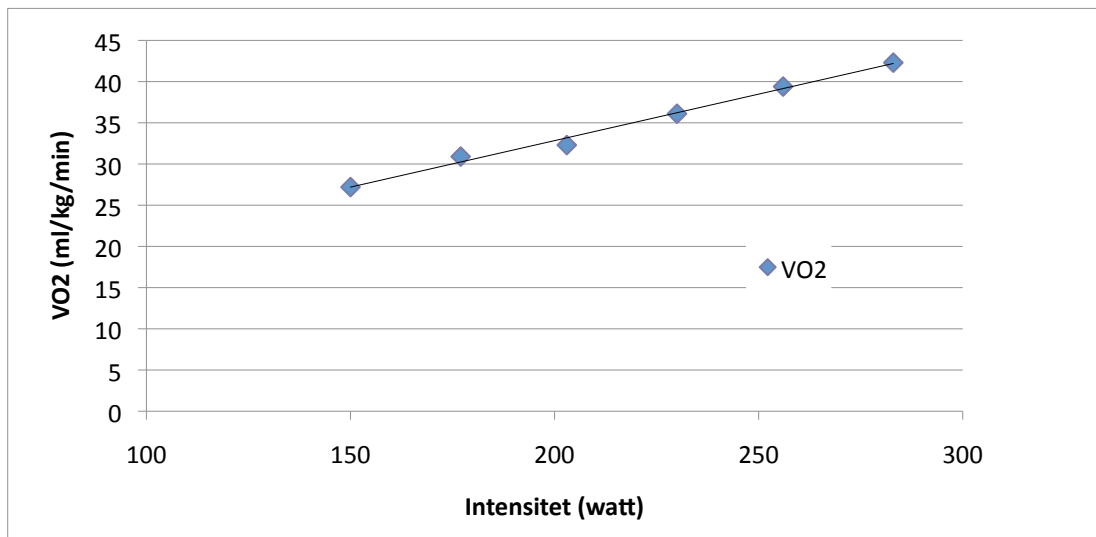
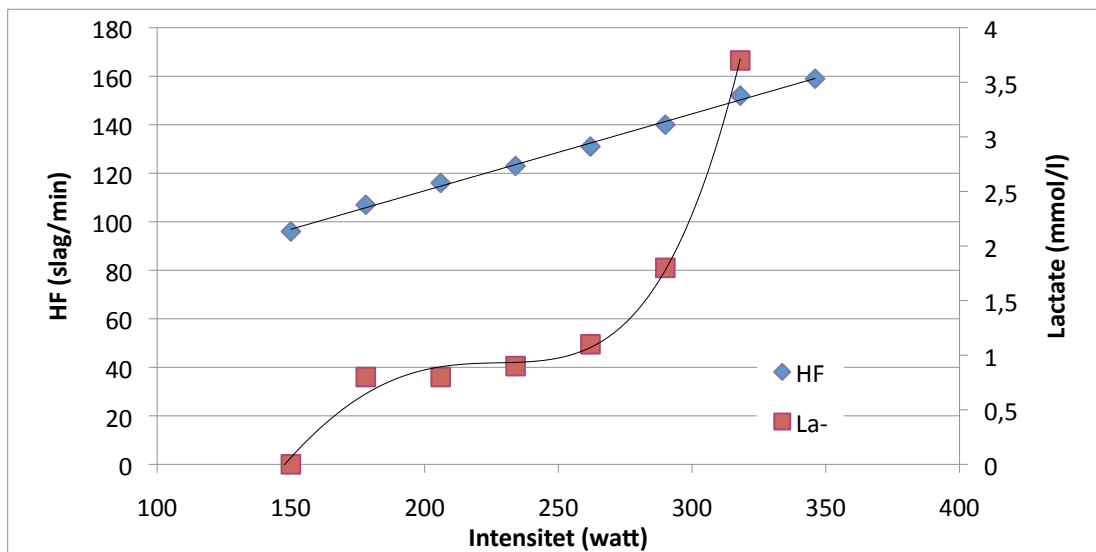
Forsøksperson 11



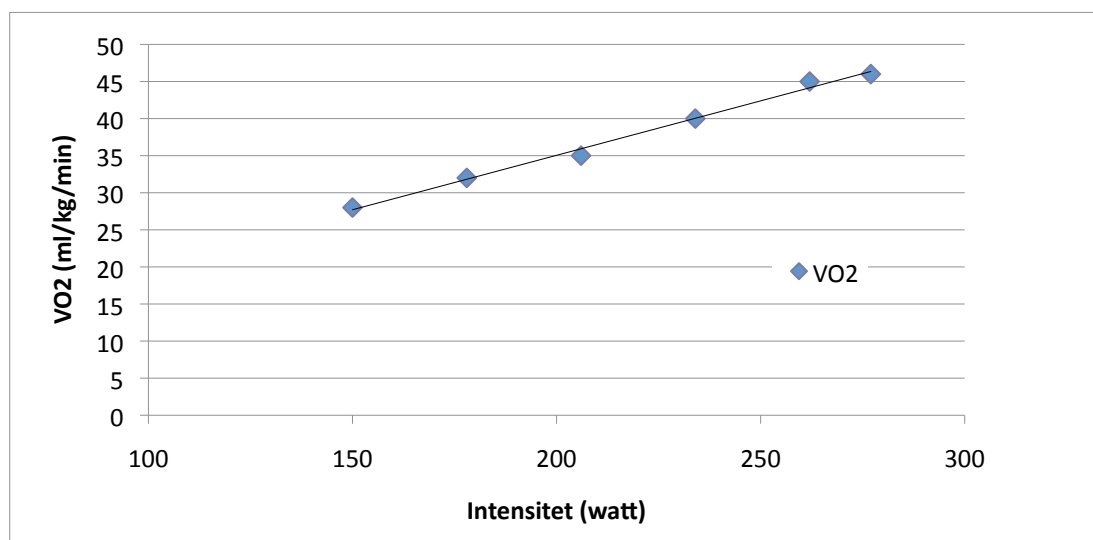
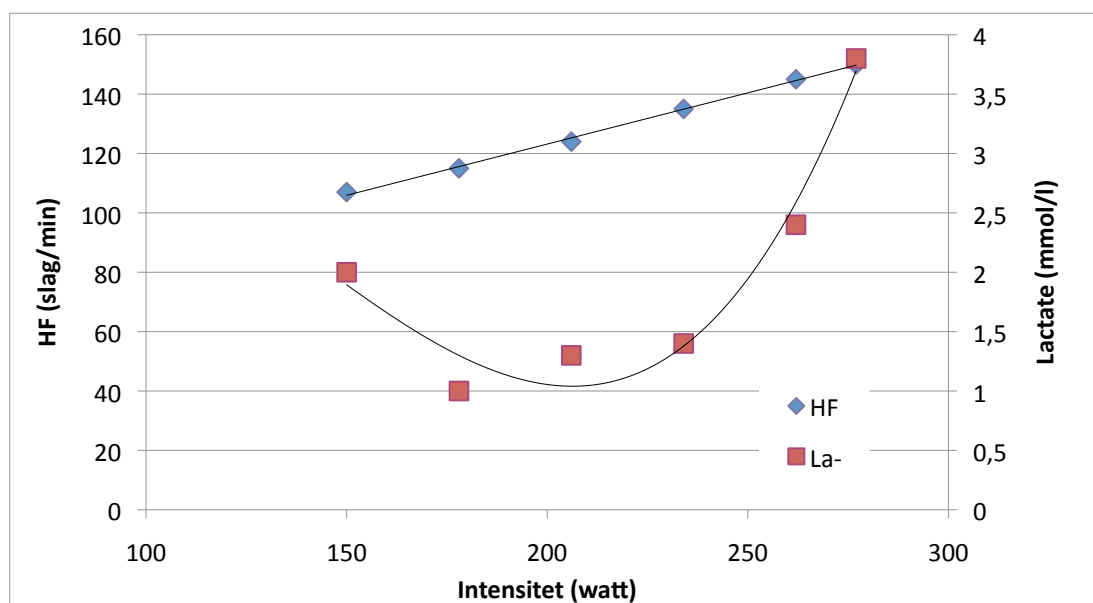
Forsøksperson 12



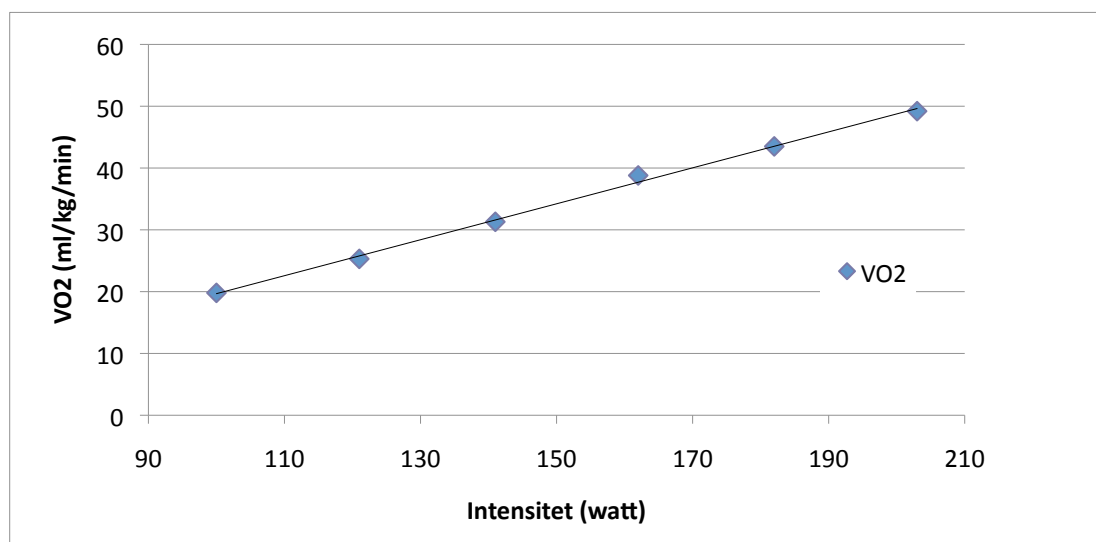
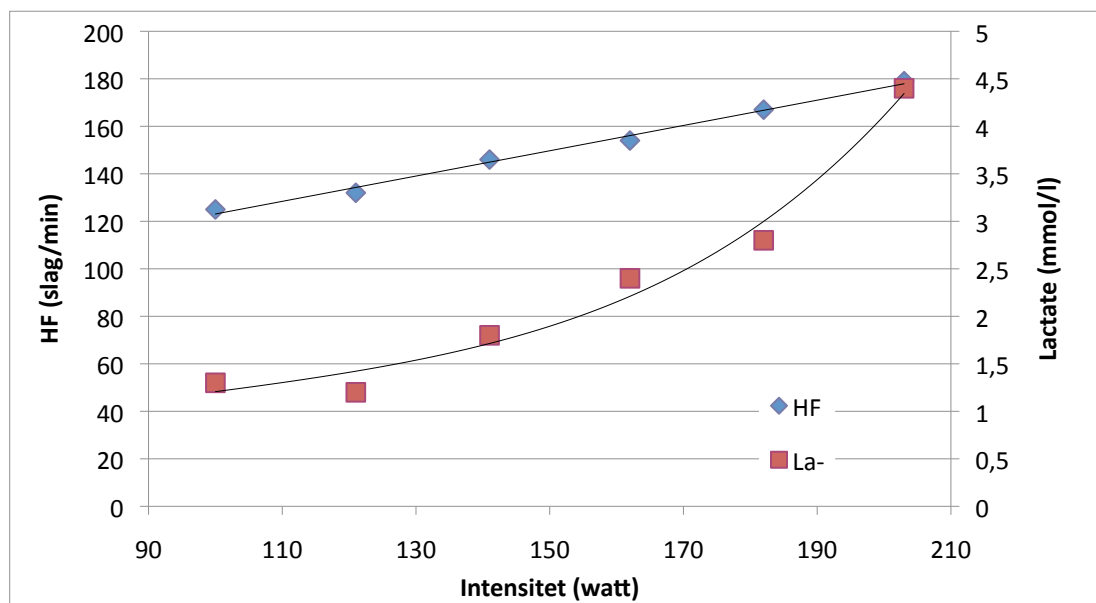
Forsøksperson 13



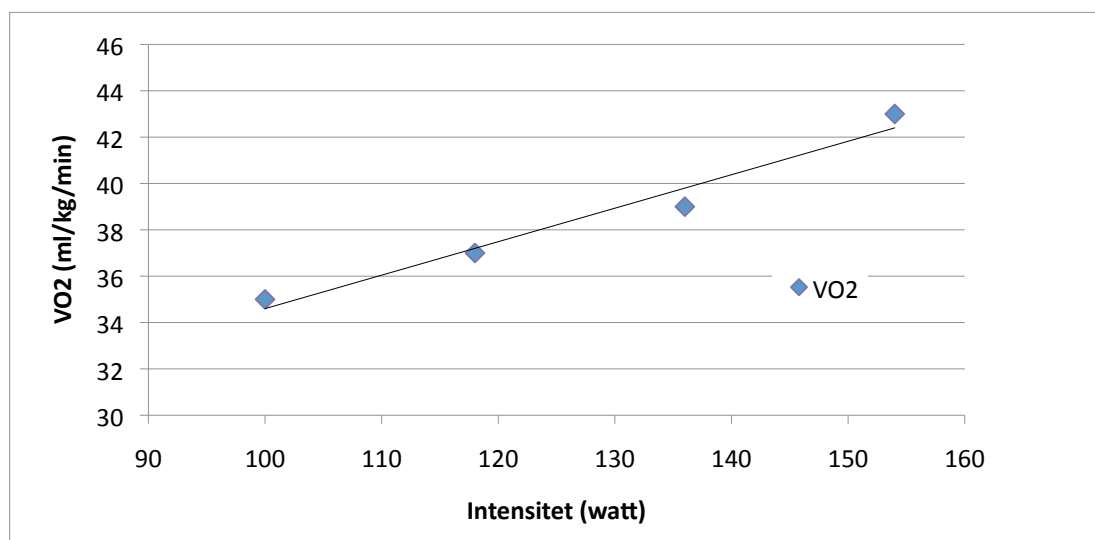
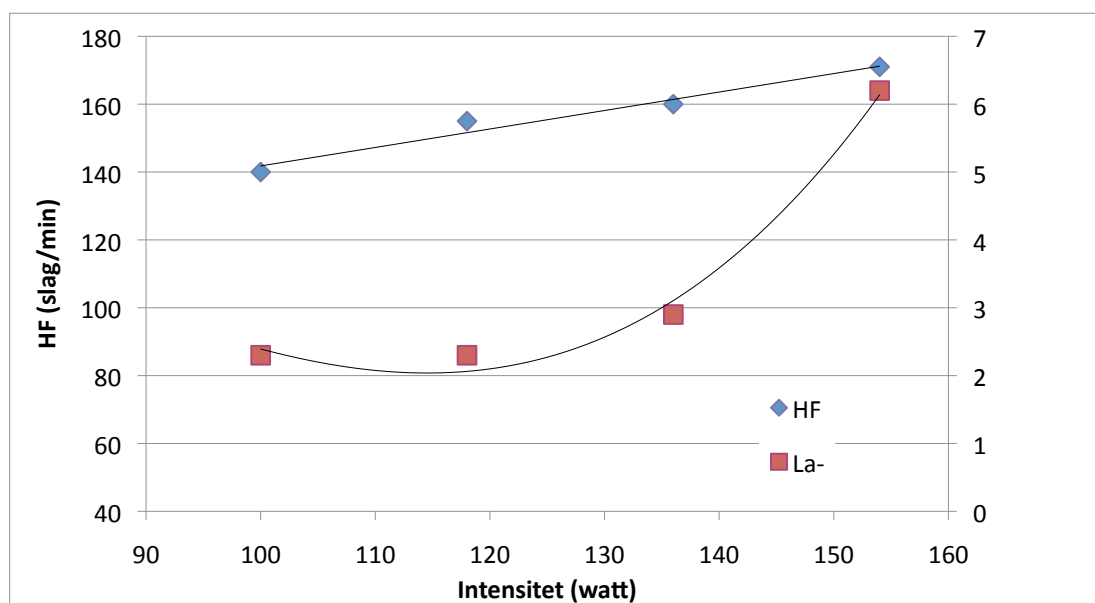
Forsøksperson 14



Forsøksperson 15



Forsøksperson 16



VEDLEGG 2

Norseman Xtreme Triathlon og Aurlandsfjellet Xtreme triathlon – verdens to hardeste triathlon?

Hei!

Vi er to studenter som studerer medisin ved Universitetet i Oslo. Vi driver begge med triathlon og skal i forbindelse med utdannelsen vår gjennomføre et forskningsprosjekt. Vi har fått til et samarbeid med sirkulasjonsfysiolog Jonny Hisdal (Oslo universitetssykehus/Norges Idrettshøgskole) der vi tester noen av årets deltakere i NXTRI og AXTRI.

Har du lyst til å delta på dette?

Noen av dere har allerede meldt interesse, og det er kjempe moro!

Testene vil foregå på sirkulasjonslaboratoriet på Aker sykehus i slutten av juni. Det vil bli på kveldstid en ukedag, og vi beregner ca en time per utøver.

Testene vi vil utføre:

- FMD-metoden
 - Undersøkelse av hvordan muskulaturens blodårer responderer på lite oksygen
 - Ultralyd-basert
- Sykkel
 - Laktatprofil med bestemmelse av anaerob terskel – watt/kg
 - Deretter økning av belastning og bestemmelse av max watt
 - Måling av pulsdrop etter 3 minutter

Forberedelser til testingen;

- Fastende siste 3 timer før test
- Ikke trent hardt dagen før, eller samme dag
- Unngå inntak av koffein samme dag

Dersom du kunne tenke deg å delta eller få mer informasjon om prosjektet så send en mail til tereziahagen@gmail.com og olav.jh.89@gmail.com

Sporty hilsen fra Olav og Terezia